ULUSLARARASI KONGRE VE KONFERANSLAR PLATFORMU

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III

September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye

THE PROCEEDINGS BOOK

EDITOR

Prof. Dr. Necati OLGUN

ISBN:

979-8-89695-177-3

www.ubakkongre.com/efes

Copyright © Liberty

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III

September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye

EDITOR

Prof. Dr. Necati OLGUN

Issued: 29.09.2025

Liberty Publishing House
Water Street Corridor New York, NY 10038
www.libertyacademicbooks.com
+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2025

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.

adopted by Mariam Rasulan

ISBN: 979-8-89695-177-3

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III

DATE and PLACE

September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye

ORGANIZING BOARD

Assoc. Prof. Dr. Hacer KAYA, Gumushane University
Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER, Batman University
Assoc. Prof. Dr. Volkan GÜL, Bayburt University
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir AYDIN, Dicle University
Dr. Mehtap DEMİR, Adıyaman University

COORDINATOR

Gönül EDEŞLER
Neslihan BALCI

NUMBER of ACCEPTED PAPERS - 195
NUMBER of REJECTED PAPERS – 42

PARTICIPANTS COUNTRY

Türkiye-87, Albania-4, Algeria-8, Bangladesh-1, China-2, Georgia-1, Hungary-1, India-26, Indonesia-5, Iran-3, Kazakhstan-1, Malaysia-4, Morocco-10, Nigeria-14, Pakistan-15, Romania-1, Saudi Arabia-2, Slovakia-1, South Africa-1, Tunisia-2, UAE-1, Uzbekistan-1, Vietnam-4

SCIENCE BOARD

Prof. Dr. İryna Dryga - National Academy of Sciences
Prof. Dr. Melike Özer Keskin - Gazi University
Prof. Dr. Ümran Türkyılmaz- Ankara Hacı Bayram Veli University
Prof. Dr. Froilan MOBO - PMMA
Assoc. Prof. Dr. Gulbaxar Tavaldieva - Tashkent Institute of Chemistry and Technology
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin KALGI - Ardahan University
Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT - Atatürk University
Assoc. Prof. Dr. Volkan GÜL - Bayburt University
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ERİŞ- Harran University
Assoc. Prof. Dr. Güray ALPAR - Iksad Institute
Assoc. Prof. Dr. Cavit POLAT - Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Assoc. Prof. Dr. Sadettin DEMİREL - Bursa Uludağ University
Dr. Mehtap DEMİR - Adıyaman University
Dr. Muntazir MEHDİ - NUML
Dr. Elvan CAFAROV - Azerbaijan State Pedagogical University

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III

September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye

CONGRESS PROGRAM

Meeting ID: 847 7043 0612
Passcode: 131415

Join Zoom Meeting:
https://us02web.zoom.us/j/84770430612?pwd=E3CEvGPPz87eWiW1deqGkbVA2QRVv4.1

Participant Countries: 23 countries

Türkiye, Albania, Algeria, Bangladesh, China, Georgia, Hungary, India, Indonesia, Iran, Kazakhstan, Malaysia, Morocco, Nigeria, Pakistan, Romania, Saudi Arabia, Slovakia, South Africa, Tunisia, UAE, Uzbekistan, Vietnam

Önemli, Dikkatle Okuyunuz Lütfen

- ✓ Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- ✓ Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join** sitesi üzerinden giriş yaparak "Meeting ID or Personal Link Name" yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- ✓ Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- ✓ Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- ✓ Uygulama tablet, telefon ve PC'lerde çalışıyor.
- ✓ Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden 5 dk öncesinde oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
- ✓ Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.
- ✓ Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

Dikkat Edilmesi Gerekenler- TEKNİK BİLGİLER

- ✓ Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun.
- ✓ Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz.
- ✓ Kabul edilen bildiri sahiplerinin mail adreslerine Zoom uygulamasında oluşturduğumuz oturuma ait ID numarası gönderilecektir.
- ✓ Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir
- ✓ Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır

Önəmli, Xahiş edirik diqqətlə oxuyasınız

- ✓ Konfransımızda Yazı Qaydalarına uyğun göndərilmiş və elmi komissiyadan keçən məruzələr üçün online (video konfran şəklində) çıxış imkanı veriləcəkdir.
- ✓ Online məruzə üçün **https://zoom.us/join** linki üzərindən daxil olaraq "Meeting ID or Personal Link Name" yerinə ID nömrəsinə daxil olaraq konfransa qoşula bilərsiniz.
- ✓ ZOOM tədbiqi pulsuzdur və yeni hesab açmağa ehtiyac yoxdur
- ✓ ZOOM tədbiqi qeydiyyatdan keçmədən istifadə edilə bilir
- ✓ Tədbiq planşet, telefon və komputerlərdə mümkündür
- ✓ Hər iclasda məruzəçilər məruzə saatından 5 dəqiqə əvvəl konfransa bağlanmış olmaları lazımdır
- ✓ Bütün konfrans iştirakçıları canlı qoşularaq bütün məruzələri izləyə bilərlər.
- ✓ Moderator – iclasdakı çıxış və elmi diskussiyalar (sual-cavab) hissəsindən məsuldurlar

Nəzər Yetirilmasi Vaxib Olanlar – TEXNİKİ BİLGİLƏR

- ✓ Komputerlərinizdə mikrafon olduğunə və saz vəziyyətdə olmasına əmin olmalısınız.
- ✓ ZOOM-da ekran paylaşma xüsusiyyətini bacarmalısınız
- ✓ Qəbul edilən məqalə sahiblərinin mail adresinə ZOOM tədbiqindəki linkə aid İD nömrəsi göndəriləcəkdir.
- ✓ Sertifikatlar konfransdan sonra sizlərə PDF olaraq göndəriləcəkdir.
- ✓ Konfrans proqramında yer və saat dəyişikliyi kimi tələblər nəzərə alınmayacaqdır.

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- ✓ To be able to attend a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session.
- ✓ The Zoom application is free and no need to create an account.
- ✓ The Zoom application can be used without registration.
- ✓ The application works on tablets, phones and PCs.
- ✓ The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- ✓ All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- ✓ Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- ✓ Make sure your computer has a microphone and is working.
- ✓ You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- ✓ Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- ✓ Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

14.09.2025 | SESSION-1 | HALL-1

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Nursan ÇINAR

Authors	Affiliation	Presentation title
Tuğçe KOLUKISA Elif ERBAY Nursan ÇINAR	Karabük University Bilecik Şeyh Edebali University Sakarya University	PROVIDING SENSITIVE CARE FOR CHILDREN WITH AUTISM AND THEIR FAMILIES: AN INFORMATIONAL QR-CODE BROCHURE FOR HEALTHCARE PROFESSIONALS
Şule İŞLER DEMİRHAN Hatice PEK	Haliç University	MOTHER-BABY CONTACT BARRIERS IN NEONATAL INTENSIVE CARE UNITS
Hatice CETİN Dicle KARAKAYA-SARIKAYA	Hacettepe University	FUNCTIONAL RECOVERY PROCESS IN A PREGNANT DIAGNOSED WITH ACHONDROPLASIA AFTER ECLAMPSIA BY DISSEMINATED INTRAVASCULAR COAGULATION: CASE REPORT
Zeynep KOCA Seval KUTLUTÜRK YIKILMAZ	Cybernicx Health and Technology Company Center University of Health Sciences	THE EFFECT OF CYBERDYNE TECHNOLOGY ON GAIT PARAMETERS, MOBILITY, AND GROSS MOTOR FUNCTION IN CEREBRAL PALSY: A CASE REPORT
Canan DEMİR Cihan Caner AKSOY Gülhan YILMAZ GÖKMEN Dilber DURMAZ	Bandırma Onyedi Eylül University Kütahya Health Sciences University	THE RELATIONSHIP BETWEEN SINGLE BREATH COUNTING, PULMONARY FUNCTION TEST PARAMETERS, RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH, AND DYSPNEA LEVEL IN POST- COVID-19 INDIVIDUALS WITH PERSISTENT DYSPNEA
Gülsüm Zekiye TUNCER Metin TUNCER	Dokuz Eylül University	PSYCHOLOGICAL CAPITAL AND PSYCHOSOCIAL CARE COMPETENCE IN NURSES: THE MEDIATING ROLE OF ETHICAL ATTITUDES AND MODERATING ROLE OF PAY SATISFACTION
Yusuf KOÇAK Halime Şenay GÜZEL	Ankara Yildirim Beyazit University	THE RELATIONSHIP BETWEEN NARCISSISM, SELF-ESTEEM, AND PERCEIVED MATERNAL NARCISSISTIC TRAITS: A THEORETICAL REVIEW

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-1 | HALL-2

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Sait MENZİLCİOĞLU

Authors	Affiliation	Presentation title
Eren GÜZELOĞLU	University of Health Sciences	AI-POWERED APPROACH TO PARENTAL VACCINE HESITANCY
Pınar ÖZMEN YILDIZ	Health Sciences University	COMPARATIVE EVALUATION OF URIC ACID/HDL-C, NON-HDL-C/HDL-C, AND ATHEROGENIC INDEX OF PLASMA FOR PREDICTING NO-REFLOW AFTER SAPHENOUS VEIN GRAFT PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTION IN NON-ST-SEGMENT ELEVATION ACUTE CORONARY SYNDROME
Ozlem TOTUK	University of Health Sciences	ASSOCIATION BETWEEN SLEEP QUALITY AND CORTICAL ATROPHY IN ALZHEIMER'S DISEASE
Mehmet Enes GÜNER	Besni State Hospital	CASE REPORT: STAPHYLOCOCCAL SCALDED SKIN SYNDROME IN A 4-YEAR-OLD GIRL
Mehmet Enes GÜNER	Besni State Hospital	PAPILLON-LEFÈVRE SYNDROME IN A PEDIATRIC PATIENT WITH SEVERE CUTANEOUS AND PERIODONTAL MANIFESTATIONS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-1 | HALL-3

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Özgür DEMİRCAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Onur FAKI Özgür DEMİRCAN	Ondokuz Mayis University	DEVELOPMENT OF MUSHROOM MYCELIUM INCLUDE THEMROPLASTIC COMPOSITE MATERIALS
Onur FAKI Özgür DEMİRCAN	Ondokuz Mayis University	DEVELOPMENT OF MUSHROOM MYCELIUM/CACO3/PP INCLUDE THEMROPLASTIC COMPOSITE MATERIALS
Muhammed Furkan KÖPRÜBAŞI Özgür DEMİRCAN	Ondokuz Mayis University	DEVELOPMENT OF A NEW COMPOSITE MATERIAL FOR ELECTRIC VEHICLE BATTERY COATING APPLICATION
Muhammed Furkan KÖPRÜBAŞI Özgür DEMİRCAN	Ondokuz Mayis University	DEVELOPMENT OF A NEW COMPOSITE MATERIAL WITH HALLOYCITE/GLASS FIBER/EPOXY MATRIX
Aleyna NUR PEKER Rümeysa ATEŞ Nida Nur BOZKURT Özgür DEMİRCAN	Ondokuz Mayis University	DEVELOPMENT OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH CARBON POWDER THAT CAN BE USED IN AIRCRAFT PARTS
Aleyna NUR PEKER Rümeysa ATEŞ Nida Nur BOZKURT Özgür DEMİRCAN	Ondokuz Mayis University	DEVELOPMENT OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH ALUMINIUM POWDER AND EPOXY MATRIX

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-1 | HALL-4

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Shalva Zarnadze

Authors	Affiliation	Presentation title
Risyawati Mohamed Ismail	University Utara Malaysia	AGROTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF LOCAL FORAGE PLANTS FOR SUSTAINABLE ANIMAL FEED DEVELOPMENT
Risyawati Mohamed Ismail Nur Aailiaa Raimi Bt Abdull Razak	University Utara Malaysia	HACCP IMPLEMENTATION IN MALAYSIAN FOOD MANUFACTURING
Gazmir Çela Dr. Anira Gjoni Indrit Rexhepi	Polytechnic University of Tirana	ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC CONDITIONS IN THE LANDS OF THE COASTAL LAGOONS OF ALBANIA
Mouheb Sboui Khalid A. Alamry Youssef O. Al-Ghamdi Mahmoud A. Hussein	North China Electric Power University King Abdulaziz University Majmaah University	DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL COTTON TEXTILE COATED WITH Ag-Ag2S/TiO2 PLASMONIC PHOTOCATALYST
Farhan Ahmadi-Mirghaed	University of Mazandaran	FORECASTING DUST STORMS USING SATELLITE IMAGERY AND MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN KHUZESTAN, SOUTHWEST IRAN
Shalva Zarnadze Irine Zarnadze Tsitsi Papunashvili Lado Gabechava	TSMU	ADAPTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE HEALTHCARE SYSTEM OF GEORGIA; POPULATION NEEDS AND RISKS
Shahid Ali Rajput	Muhammad Nawaz Shareef University	PROTECTIVE EFFECTS OF QUERCETIN AGAINST AFB1-INDUCED IMMUNOTOXICITY AND OXIDATIVE STRESS IN BROILERS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-1 | HALL-5

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Emmanuel Chidiebele Oforgu

Authors	Affiliation	Presentation title
Shibendu Kuiri Samiran Bisai	Sidho-Kanho-Birsha University	PREVALENCE OF CHRONIC ENERGY DEFICIENCY AMONG ADULT TRIBAL POPULATION OF INDIA
Yasmin Aisha AHMED Türkan GÜNAY	Dokuz Eylul University	FACTORS INFLUENCING CONTRACEPTIVE USE AMONG MARRIED NIGERIAN WOMEN
Bikash Bania Nitul Al	---	HIDDEN HUNGER: THE SILENT GLOBAL BURDEN OF VITAMIN B12 DEFICIENCY
Virág Zábó Andrea Lehoczki Mónika Fekete Zoltán Ungvári	Semmelweis University	THE GUT–BRAIN AXIS IN NEURODEGENERATIVE DISEASES: THE MICROBIOME AS A NOVEL THERAPEUTIC TARGET
Emmanuel Chidiebele Oforgu	Nnamdi Azikiwe University Awka	PROTEIN CARBONYLATION IN HUMAN DISEASES
Ján Duplák Samuel Mikuláško Darina Dupláková Maryna Yeromina	Technical University of Kosice	PROJECT FINDINGS ON THE DESIGN OF A ROBOTIC WORKSTATION FOR DENTAL IMPLANTS
Muhammad Masroor Hussain Sana Qammar Ao-Qiang Zhai Fu-yu Li Hai-jie Hu	Sichuan University	IMPACT OF ENTERAL TUBE FEEDING ON POSTOPERATIVE OUTCOMES FOLLOWING PANCREATODUODENECTOMY: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS
Aniket .A.Thul Pooja Rasal	JES's SND College	HERBAL SUBLINGUAL FLIMS FOR ANGINA PECTORIS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-1 | HALL-6

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Kamal Shah

Authors	Affiliation	Presentation title
Yogita Rani Gitanjali Indeewar kumar	Manipal University Jaipur	RELIABILITY MODELING OF PARALLEL AUTOMATED AND MANUAL HANDLING SYSTEMS
Muhammad Sohail	University of Malakand	ANALYTICAL INVESTIGATION OF MATHEMATICAL MODELS UNDER DIFFERENT TRANSFORMATIONS AND FRACTIONAL DERIVATIVE OPERATORS
G. Narender K. Govardhan	GITAM University	ENHANCED HEAT AND MASS TRANSFER IN MHD NANOFLUIDS FOR POROUS MEDIUM APPLICATIONS: RADIATION, JOULE HEATING, AND VISCOUS DISSIPATION EFFECTS
Kamal Shah	Prince Sultan University	ON USING MODIFIED ATTANGANA-BALEANU FRACTIONAL ORDER DERIVATIVE TO INVESTIGATE A CLASS OF NONLINEAR EVOLUTION HYBRID DIFFERENTIAL EQUATIONS
Aziz Khan	Prince Sultan University	DATA ANALYSIS OF FRACTIONAL ORDER MODELING OF PLANT CAPTURE CARBON DIOXIDE DYNAMICS WITH NEURAL NETWORKING
E. O. Fatunmbi O. J. Olanrewaju	---	THERMAL ENHANCEMENT OF A WATER-BASED WILLIAMSON HYBRID NANOFLUID FLOW OVER A CONVECTIVELY COOLED CYLINDER
Muxtarova Shaxnoza Mashrabovna	Chirchiq State Pedagogical University	METHODOLOGY OF TEACHING THE MOTHER TONGUE THROUGH INTEGRATION WITH MATHEMATICS
Samia Rani Abid Hussanan	University of Education	AN INVESTIGATION INTO THE INTERPLAY OF MAGNETIC FIELD AND NANOPARTICLE MORPHOLOGY IN SODIUM ALGINATE-STABILIZED COPPER NANOFLUIDS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-2 | HALL-1

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Soner TAUSCHER

Authors	Affiliation	Presentation title
Meltem KOLCUBAŞI Giray Yiğit KOLCUBAŞI	Dokuz Eylül University	SUSTAINABILITY APPROACHES IN COLD CHAIN LOGISTICS: A CONTENT ANALYSIS OF THE RETAIL INDUSTRY IN TÜRKİYE
Aslıhan UĞURLU OGUZ Tuğrul BAYRAKTAR	Karabuk University	OPTIMIZATION FOR FAIR DUTY DISTRIBUTION IN ON-DUTY PHARMACIES: THE SAFRANBOLU EXAMPLE
Aleyna Kevser ÖZTÜRK Mustafa Gökberk ERTAN	Kapadokya University	EXAMINATION OF THE LOCAL GOVERNMENT STRUCTURE OF THE ARAB REPUBLIC OF EGYPT
Cansu KAYMAL Ebru ALKAYA	Kocaeli University	FROM PAST TO PRESENT: THE ADVENTURE OF SKEPTICISM
Soner TAUSCHER	Sakarya University	FROM UNEQUAL TREATIES TO READMISSION AGREEMENTS: NEO-IMPERIAL REFLECTIONS OF LEGAL IMPERIALISM
Ebru ELÇİ Gökçe CEREV	Kocaeli University	SUBALTERN DISCOURSE IN TURKEY: A CONTENT ANALYSIS BASED ON POSTGRADUATE THESES

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-2 | HALL-2

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Necati OLGUN

Authors	Affiliation	Presentation title
Şevket KÖKSAL Sadık ZUHUR Muhammed Said BOYBAY	Iğdır University State University of New York at New Paltz	VARACTOR CONTROLLED MICROWAVE SENSOR FOR DIELECTRIC CHARACTERIZATION AT SINGLE FREQUENCY
Osman Tayfun BİŞKİN	Burdur Mehmet Akif Ersoy University	S1–S2–DSM–BASED MULTIMODAL LAND-COVER CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING METHODS
Savaş ŞEHİRLİ Gültekin ÇELİK	Selçuk University	IONIC TRANSPORT DYNAMICS AND THERMAL BEHAVIOR OF NASICON-TYPE LATP AND ITS INDIUM-DOPED DERIVATIVE ELUCIDATED BY AIMD
Betül GÜLGEÇ Berna KÖRPINAR Hakan AKAT	Ege University Celal Bayar University	ENHANCEMENT OF THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLED POLYPROPYLENE VIA REACTIVE EXTRUSION
Medine ATMACA Necati OLGUN	Gaziantep University	COMPARATIVE ANALYSIS OF U-NET AND CNN-BASED MEDICAL SEGMENTATION MODELS
Beyza KARABULUT Duygu DEDEOĞLU Hülya BAYRAK	Gazi University	COMPARISON AND INTERPRETATION OF ZERO-INFLATED MODELS ON ISSUES ENCOUNTERED IN THE E-GOVERNMENT APPLICATION
Barış ERGÜL Arzu ALTIN YAVUZ	Eskişehir Osmangazi University	COUNT DATA MODELING OF EPILEPTIC SEIZURES: POISSON, NEGATIVE BINOMIAL, AND ZERO-INFLATED POISSON REGRESSION APPROACHES
Barış ERGÜL Arzu ALTIN YAVUZ	Eskişehir Osmangazi University	ANALYSIS OF BIRD POPULATIONS AND HABITAT CHARACTERISTICS USING REGRESSION MODELS Arzu ALTIN YAVUZ 2

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-2 | HALL-3

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Neslihan BALCI

Authors	Affiliation	Presentation title
Burak KEPME	Koluman Automotive Industry Inc.	SPARE PARTS NEEDS ANALYSIS BASED ON MTBF AND MTTR DATA: AN APPROACH ON LAND VEHICLES IN THE DEFENSE INDUSTRY SECTOR
Mehmet YAVUZ	Koluman Automotive Industry Inc.	ULTRASONIC HEATING SOLUTIONS FOR ENHANCED OPERATIONAL READINESS OF MILITARY VEHICLES THROUGH ADVANCED FUEL AND DE-ICING SYSTEMS
Hüseyin OTHAN Ahmet Oktay DEVECİLİ Ersin TOPTAŞ Şenol ŞİRİN	Marmara University Sarsılmaz Weapon Industries Inc. Düzce University	THE EFFECT OF REINFORCEMENT MATERIALS ON THE MECHANICAL AND PHYSICAL BEHAVIORS OF PA- AND PLA-BASED POLYMER MATRIX 3D PRINTING FILAMENTS
Adem Murat TURAN Ayhan ETYEMEZ	Marmara University	COMPARISON OF PERFORMANCE OF HIGH-SPEED AND STANDART TYPE HOLDERS IN MILLING OPERATION: SURFACE QALITY AND CUTTING TOOL WEAR ANALYSIS
Abdulrezzak BAKIŞ	Batman Üniversitesi	REUSABILITY OF POST-DEMOLITION CONSTRUCTION CONCRETE WASTE IN CONCRETE PRODUCTION
Davut YILMAZ Akın ÖNALP Ahmet Can MERT	Ankara Yıldırım Beyazıt University Sakarya University Bahçeşehir University	A RE-EVALUATION OF SETTLEMENTS RECORDED AT THE ATATÜRK DAM
Davut YILMAZ	Ankara Yıldırım Beyazıt University	APPLICATIONS OF CONSOLIDATION GROUTING IN TUNNELS AND FOUNDATIONS
Ebrar KARAER Leyla DOKUZER ÖZTÜRK	Yıldız Teknik Üniversitesi	THE EFFECT OF DAYLIGHTING ON THE DESIGN OF COURTYARD RESIDENTIAL BUILDINGS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-2 | HALL-4

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Aliyu Basiru

Authors	Affiliation	Presentation title
Mamta Sharma Sandeep Kumar Sharma	University of Delhi	CLIMATE SHOCKS AND NUTRITIONAL SHIFTS: UNDERSTANDING THE FOOD–HEALTH LINK IN INDIA
R. Thiruchelvi	Vel's Vidhyalaya Cbse School	ECOLOGY OF THE PLASTISPHERE: ASSEMBLY, FUNCTION, AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF PLASTIC-DWELLING COMMUNITIES
Saeeda Mubashra Matloob Ahmad	Government College University Faisalabad	INNOVATIVE APPROACHES TO N-ARYL MORPHOLINE SYNTHESIS: FROM METAL CATALYSIS TO METAL-FREE PROTOCOLS
Aliyu Basiru Aliyu Danmusa Mohammed	Umaru Musa Yar'adua University	STUDY ON THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF CHEMICALLY MODIFIED ANIONIC AZO DYES AND THEIR POTENTIAL FOR TREATING INFECTIOUS DISEASES
Umar, A. A. Hafsat, U. K. Fowotade, S. A. Haruna D. A. Muistapha B.	---	ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF SOME SELECTED STORAGE WATER VESSELS AROUND MALE HOSTELS IN HAFED POLY KAZAURE JIGAWA STATE, NIGERIA
Asma Azhar Bushra Parveen Fizza Mubeen Kulsoom Ghulam Ali Ameer Fawad Zahoor	Government College University	GREEN SYNTHESIS OF NICKEL OXIDE NANOPARTICLES USING FRUCTUS LIMONIS PEEL EXTRACTS AND INVESTIGATION OF THEIR BIOLOGICAL PROPERTIES
Pushpendra Kushwaha Madhu Agarwal	Malaviya National Institute of Technology	SELECTIVE EXTRACTION AND RECOVERY OF ZINC FROM JAROSITE USING PROTIC IONIC LIQUID

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-2 | HALL-5

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Fakhar ud Din

Authors	Affiliation	Presentation title
Onyeka Stanislaus Okwundu	University of Wisconsin	BIO-INSPIRED AERONAUTICS: LEARNING FROM PIGEONS, OWLS, AND FALCONS ON FLIGHT SPEED AND ACOUSTICS
Sanusi Tajuddeen Muhammad Saleh Salga	Umaru Musa Yar'adua University	SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, ANTIOXIDANT AND BIOLOGICAL STUDIES OF SOME DIVALENT TRANSITION METAL COMPLEXES DERIVED FROM SUBSTITUTED MALONIMIDATE AND SUBSTITUTED MALONIMIDIC ACID
Fakhar ud Din Sumiya Gul Zakir Ali	Quaid-i-Azam University	REPURPOSING OF ATORVASTATIN TRANSETHOSOMAL GEL FOR EFFICIENT WOUND HEALING IN MOUSE MODEL: STATISTICAL OPTIMIZATION, IN VITRO AND IN VIVO INVESTIGATION
Rareș-Vasile Voroneanu-Popa Richard Constantinescu	Grigore T. Popa University	REDUCED FINANCIAL COSTS AS A DETERMINING FACTOR IN THE CHOICE OF ALTERNATIVE DISPUTE RESOLUTION METHODS
Marvel Reuben Suwitono Martin Culbert Maria Charlottian Tania Miranda Alvin Reynaldi Rumimper Titin Sulastri	University Advent Indonesia	ASSESSMENT OF ADMETOX PROPERTIES OF AGERATUM CONYZOIDES FLAVONOIDS
G.David S.Kalaivanan R.Srinivasan	Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai	MACHINE LEARNING IN ADVERSE DRUG REACTION PREDICTION
G. David R. Swathi	Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai	INVESTIGATION OF THE EFFICACY OF A NOVEL VACCINE AGAINST CANINE PARVOVIRUS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-2 | HALL-6

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Bimal Kumar Mishra

Authors	Affiliation	Presentation title
Haluk YILMAZ İbrahim KOCABAŞ	Eskisehir Technical University	PREDICTION OF BUCKLING LOAD CAPACITY OF SANDWICH PANELS UNDER AXIAL COMPRESSION USING VIBRATION CORRELATION TECHNIQUE (VCT)
Bimal Kumar Mishra Prafful Mishra	Adarsh College	UNDERWATER CYBER EPIDEMICS IN AUV SWARMS USING A FRACTIONAL SIRS FRAMEWORK WITH AI/ML AND BLOCKCHAIN-DRIVEN DEFENSE MECHANISMS
Haytham ELFARRI Latifa ZNAIDI Hasnae SAADI	University Ibn Tofail	A STUDY OF ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF ZNS THIN FILMS BY SILAR TECHNIQUE FOR SOLAR CELLS
Poonam Sunil Kumar	Indira Gandhi University	STUDY & ANALYSIS OF COMPOST FOR CAPACITIVE AND NON-CAPACITIVE APPLICATIONS
Hassane MES-ADI Mohamed AIT ICHOU Mohamed LABLALI Khalid SAADOUNI M'hammed MAZROUI	University Sultan Moulay Slimane	MECHANICAL STRENGTHENING IN AU THIN FILMS: A MOLECULAR DYNAMICS ANALYSIS OF NANOINDENTATION EFFECTS
H. Aissania S. Noura R. Abdeldjebar A. Merabtia A.A. Djatout	University Tahri Mohammed Béchar	SIMULATION OF THE IONIC IMPLANTATION OF PHOSPHORUS IN THE ZnO MATRIX

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-3 | HALL-1

Ankara Local Time: 15:00-17:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Sujata Dhananjay Sathe

Authors	Affiliation	Presentation title
Mosharaf Hossain	University of Rajshahi	CLIMATE CHANGE AND GLOBAL WARMING: A KEYNOTE FROM AMITAV GHOSH'S FICTION
Anjeza Brahja Edita Stojani Isida Shehu	Polytechnic University of Tirana	BILINGUALISM AND COGNITIVE DEVELOPMENT: BENEFITS BEYOND LANGUAGE
Anjeza Brahja Edita Stojani Isida Shehu	Polytechnic University of Tirana	THE ROLE OF BILINGUALISM IN MASTERING SOFT AND TASK-SWITCHING SKILLS
Balnur Amantay Martbekkyzy Sarkulova Manifa Stabolovna Ali Rafet Özkan	L.N. Gumilyov Eurasian National University	ORNAMENTAL CODES OF EQUESTRIAN CULTURES: PHILOSOPHICAL INTERPRETATION OF SYMBOL, MEMORY
Subarna Saha Shahid Khan Anirban Mukherjee Sourav Biswas Saikat Adhikary	Brainware University	MULTILINGUAL AND EXPLAINABLE TRANSFORMER-BASED FRAMEWORK FOR POLITICAL BIAS DETECTION IN NEWS ARTICLES
Ajayi, Olayemi T. Oshobughie, Adedoyin O.	Lead City University	PRIVACY, RISK, AND IDENTITY IN THE DIGITAL SPHERE: AN ASSESSMENT OF WHATSAPP STATUS UPDATES AMONG ADOLESCENT BOYS
Sujata Dhananjay Sathe Sahebrao N.Shinde	Savitribai Phule Pune University	SYNERGIZING DEEPTECH AND BLOCKCHAIN: UNLOCKING THE FUTURE OF DECENTRALIZED INNOVATION
Rozalin Abdul Rahim Norasekin Abd Rashid	University Teknologi MARA	COFFEE CONSUMPTION BEHAVIOR IN MALAYSIA: AN EXTENSION OF THE THEORY OF PLANNED BEHAVIOR

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-3 | HALL-2

Ankara Local Time: 15:00-17:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Mehdi Shalchi Tousi

Authors	Affiliation	Presentation title
Zishan Aslam Pervez Alam	Baba Ghulam Shah Badshah University	INFLUENCE OF MEDIA FILLING RATIO ON BIOFILM DEVELOPMENT AND PHENOLIC WASTEWATER TREATMENT IN MBBR
Mehdi Shalchi Tousi	Ahle Beyte Internatinal University	DESTRUCTIVE EFFECTS OF CONSTRUCTION ON THE ENVIRONMENT
BOUCHEHIT Hamza BENFRID Abdelmoutalib	Batna 2 University	CORROSION OF PURIFIED WATER STORAGE TANKS
Indah KHOIRUNISA	UIN K.H. Abdurrahman wahid Pekalongan	PT PIM NPK FACTORY OPERATIONS RETURN TO NORMAL AFTER FIRE
Ayat Ehsan Farhana Naz	Lahore College for Women University	RESTORING MEMORY, REVIVING SPACE: ADAPTIVE REUSE OF BRADLAUGH HALL
Fatima Irfan Farhana Naz	Lahore College for Women University	REFRAMING MOBILITY ARCHITECTURE: RAILWAY STATIONS AS CULTURAL AND EXPERIENTIAL LANDSCAPES
Moslem Somali	Shahid Chamran University of Ahvaz	STUDYING THE ROLE OF THE TIMURID GOVERNMENT IN THE DEVELOPMENT OF THE ART OF CALLIGRAPHY AND ILLUMINATION IN THE ISLAMIC PERIOD
Yoga Pratama ADHISAPUTRA	Universitas Islam Sultan Agung	THE SOUND OF NATURE: TRADISIONAL MUSIC AS A STRESS- RELIEF EXPERIMENT FOR YOUNG PEOPLE
Laiba Khalid	Superior Campus for University Programs	ERASURE AND RESISTANCE: A CULTURAL AMNESIA READING OF OGAWA'S THE MEMORY POLICE

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-3 | HALL-3

Ankara Local Time: 15:00-17:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Moses Adeolu AGOI

Authors	Affiliation	Presentation title
Moses Adeolu AGOI Ismail Olaniyi MURAINA Solomon Onen ABAM Bashir Oyeniran AYINDE Wasiu Olatunde OLADAPO	Lagos State University	AUTOMATING STATISTICAL INFERENCE WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS
Prajwal Mohapatra Swayam Subhankar Sahoo Adyasha Das	Odisha University	PREDICTIVE MODELLING OF DAILY WILDFIRE RISK USING MULTIMODAL SATELLITE DATA AND MACHINE LEARNING
Ayşenur KELEŞ DAYAUÇ Osman Baki ÖZDEMİR	Hitit Üniversitesi	STRUCTURAL PROPERTIES OF TiO2 NANOTUBES COATED ON DENTAL IMPLANTS
S. Jeavudeen Abdur Rahman	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute	COMPARISON OF MACHINING PERFORMANCE OF VARIOUS TYPES OF POWDER MIXING SYSTEM FOR PMEDM PROCESS
Krupakaran R.L Ratnakamla.P Vidyasagar Reddy.G	Mohan Babu University	THE INFLUENCE OF TURBOCHARGER AND EXHAUST GAS RECIRCULATION ON WITH THERMAL BARRIER COATING DIESEL ENGINE PROPELLED WITH RUBBER SEED BIODIESEL
I.G. Chokoe O. D. Makinde R. L. Monaledi	Stellenbosch University	MODELLING NANO-FUEL CONVECTION AND THERMAL CRITICALITY IN AN AUTOMOBILE CATALYTIC CONVERTER
Abhigyan Ganguly	Brainware University	MACHINE LEARNING IN SOLAR CELLS
Moses Adeolu AGOISamuel Olayiwola AJAGA Solomon Abraham UKPANAH Oluwadamilola Peace AGOI	Lagos State University	COLLABORATIVE ROBOTS (COHOTS) FOR PRECISION PRUNING AND CROP MANAGEMENT IN GLASS HOUSES

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-3 | HALL-4

Ankara Local Time: 15:00-17:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Mohd Fardeen

Authors	Affiliation	Presentation title
QASSID Ayoub Touhami Fatima BAKKALI Salma	Sultan Moulay Slimane University	TERRITORIAL GOVERNANCE CHALLENGES IN THE FACE OF SOCIAL AND DIGITAL INNOVATION
Anjali Ganesh Sandhya Bhandary S Shamanth Khandige	St Joseph Engineering College Jaipur National University	CSR INITIATIVES AND BUSINESS STRATEGY ORIENTATION – A CASE STUDY OF TATA SONS PRIVATE LIMITED
Anjali Ganesh Sandhya Bhandary S Shamanth Khandige	St Joseph Engineering College Jaipur National University	E-GOVERNANCE AS A MEANS TO EFFECTIVE GOVERNANCE
Mohd Fardeen	University of Delhi	ANALYZING SUSTAINABLE GREEN BANKING THROUGH BIBLIOMETRIC AND CONTENT APPROACHES
Tran Kim Ngan Ly Ngoc Le Bui Hoang Tan	Can Tho University	THE AUGUST REVOLUTION IN 1945 IN BAC LIEU PROVINCE EVENTS AND HISTORICAL STATURE
Musa Alhassan Aliyu Dalha Kankia	Ahmadu Bello University	MEDIA AND DEMOCRATISATION IN NIGERIA: ROLES, CHALLENGES, AND PROSPECTS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-3 | HALL-5

Ankara Local Time: 15:00-17:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Tuba ÖZDEMİR ÖGE

Authors	Affiliation	Presentation title
Tuba ÖZDEMİR ÖGE	Bartın University	PREDICTION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF PC/PBT BLENDS REINFORCED WITH CARBON BASED NANOFILLERS USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS
Mecit ÖGE	Bartın University	MACHINE LEARNING BASED PREDICTION OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES
Nahide Elif AŞCI KIYMAZ Betül GÜLGEÇ	İşbir Synthetic Weaving Industry Inc.	DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE PROCESSING AID MASTERBATCH FOR ENHANCING PROCESS EFFICIENCY
Nahide Elif AŞCI KIYMAZ Hasan ALKAYA	İşbir Synthetic Weaving Industry Inc.	IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH SYNTHETIC FIBERS AND RECYCLED POLYPROPYLENE FIBERS
Mehmet ZEYBEK Gökhan BİÇER	İşbir Synthetic Weaving Industry Inc.	DOMESTIC PRODUCTION OF ULTRASONIC SONOTRODES FOR THERMOPLASTIC CUTTING
Mehmet ZEYBEK	İşbir Synthetic Weaving Industry Inc.	MIGRATION BEHAVIOR AND FRICTION PERFORMANCE OF SLIP ADDITIVES IN POLYOLEFIN FILMS: A COMPARATIVE STUDY OF OLEAMIDE AND ERUCAMIDE
Burak IŞIK Ahmet Mücahit ÇOLAK	İşbir Synthetic Weaving Industry Inc.	HYBRID IIOT-BASED INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND CONTROL SYSTEM IN INDUSTRIAL AUTOMATION (IDAS)
Burak IŞIK Ali DENİZ Musa ÇELEN	İşbir Synthetic Weaving Industry Inc.	ENSURING THERMO-MECHANICAL STABILITY OF PE LINERS IN INDUSTRIAL HOTMELT APPLICATIONS: AN AUTOMATION-BASED APPROACH

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

14.09.2025 | SESSION-3 | HALL-6

Ankara Local Time: 15:00-17:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Ahmed Attahiru

Authors	Affiliation	Presentation title
Ahmed Osmane Khadija Zidan Moustapha Belmouden	Agadir University Ibn Zohr University Cadi Ayyad	SWEET SORGHUM PRODUCTION USING TRICKLING FILTER EFFLUENT: ASSESSING HEALTH AND AGRONOMIC IMPACTS IN SEMI-ARID NORTH AFRICA
Ahmed Osmane Khadija Zidan Moustapha Belmouden	Agadir University Ibn Zohr University Cadi Ayyad	HEALTH AND AGRONOMIC IMPACTS OF WASTEWATER-IRRIGATED WHEAT AND BARLEY IN SEMI-ARID NORTH AFRICA : MOROCCO
Huma Ikram Shehar Bano Darakhshan Jabeen Haleem	University of Karachi	REPURPOSING THE ANTIHYPERTENSIVE DRUG FENFLURAMINE AS AN ANTIEPILEPTIC AGENT
Muhammad Kamran Shahid Adeel Fazal-ur-Rehman Mousa Sadeghi-Kiakhani Somayeh Mirnezhad	Government College University University of Sistan and Baluchestan	DYEING OF MORDANTED WOOL YARN WITH BINARY EXTRACT FROM HARMAL SEEDS AND SAFFLOWERS
Ahmed Attahiru	Kebbi State University of Science and Technology	FOOD ADDITIVES AND PRESERVATIVES: SAFETY, FUNCTIONALITY, AND REGULATORY CONCERNS
Samra Benkacem Walid Boultif Youghourta Belhocine	20 August 1955 University	CONVERSION OF SAWDUST INTO BIOFUELS
Tanzeela Riaz Sana Aslam Matloob Ahmad Muhammad Zubair	Government College University	STREAMLINED ONE-POT SYNTHESIS OF BIOACTIVE COMPOUNDS WITH SULFUR HETEROCYCLES

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-1 | HALL-1

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Deniz Mertkan GEZGİN

Authors	Affiliation	Presentation title
Ecem Seray DAĞLI Deniz Mertkan GEZGİN	Trakya University	INVESTIGATION OF PRESCHOOL TEACHERS' MOTIVATION LEVELS REGARDING DEMOGRAPHIC AND PROFESSIONAL VARIABLES
Deniz Mertkan GEZGİN Seda AVCI	Trakya University	EXAMINATION OF TEACHERS' DIGITAL LITERACY LEVELS IN THE ERA OF DIGITALIZATION IN EDUCATION
M. Süleyman BİRİNCİ Faruk GÖKMEŞE	Hitit University	A THEORETICAL EXAMINATION OF THE CONCEPT OF CRIME IN ITS SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL DIMENSIONS
Mete Han ARITÜRK	Afyon Kocatepe University	RETHINKING SCIENTIFIC REVOLUTIONS IN THE SHADOW OF POLITICAL REVOLUTIONS
Alican ÖZER	Ankara University	DISRUPTION OF THE DIGITAL PUBLIC SPHERE: THE IMPACT OF X TROLLS ON JOURNALISM
İlker KARAÖNDER	Çanakkale Onsekiz Mart University	CALCULATION OF LOSS OF PROFIT BASED ON THE LICENSE FEE METHOD IN TRADEMARK INFRINGEMENTS IN THE E-COMMERCE ENVIRONMENT
İlker KARAÖNDER	Çanakkale Onsekiz Mart University	THE PLACE OF THE RULES OF FARAIZ AND THE TEVSI-I INTIKAL NIZAMNAMELERI IN THE PRACTICE OF TURKISH INHERITANCE LAW

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-1 | HALL-2

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Taoufiq KADRI

Authors	Affiliation	Presentation title
Ghaleb Rabab'ah Sharif Alghazo Dina El-Dakhs	University of Sharjah	REFUSALS IN JORDANIAN ARABIC AND CHINESE: A CROSS-CULTURAL PRAGMATIC STUDY OF LANGUAGE AND GENDER
Venkata Surya Seshagiri Anumula	Sasi Institute of Technology & Engineering	GAMIFIED TASK-BASED VOCABULARY ACQUISITION FRAMEWORK: IMPACT ON LEARNING AND MOTIVATION AMONG TERTIARY LEARNERS THROUGH MALL
Taoufiq KADRI	Abdelmalek Essaadi University	GRAMMAR LEARNING IN A1 AND A2 ELE TEXTBOOKS: A DESCRIPTIVE AND DIDACTIC STUDY
Nadhiya' ULKHAQ	UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan	LIFE RHYTHM BEHIND THE SCREEN: HOW SOCIAL MEDIA SHAPES STUDENTS SLEEP PATTERNS
Hussaini Hassan Aliyu Umar Dakingari Ibrahim Alhassan Libata	University Of Science And Technology	THE IMPACT OF WATER POLLUTION ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF SECONDARY SCHOOL CHEMISTRY STUDENTS: A CASE STUDY IN KONTAGORA LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE
Aribisala Oluwadamilare Olufolarin Ismailia Yusuf Olajide Adekola Ramon Abolore Opoola, Adenike Oluwabusayo	Lagos State University of Education	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS EDUCATION POLICY AND CURRICULUM DESIGN: A CRITICAL ANALYSIS OF EDUCATIONAL DECISION MAKING PROCESSES
Desi SIANIPAR	Universitas Kristen Indonesia	THEOLOGY OF CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION CURRICULUM IN THE ALGORITHMIC ERA AS THE FOUNDATION OF STUDENTS' DIGITAL CHARACTER

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-1 | HALL-3

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Tacinur AKÇA

Authors	Affiliation	Presentation title
Cumali TÜRKMENOĞLU Eren ÖRNEK Murat İN	Fatih Sultan Mehmet Vakif University HIT Information Consulting Services Industry and Trade Inc.	TRANSFORMING ERP WITH SOCIAL MESSAGING: A WHATSAPP-BASED SMART CHATBOT AND AUTOMATION PLATFORM
İrem Demet ŞENEL	Ege University	LEAN QUALITY MANAGEMENT: EFFICIENCY AND WASTE REDUCTION
Tacinur AKÇA	Ordu University	ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY AND INFLATION IN TÜRKİYE
Mehmet KAPTAN	Recep Tayyip Erdogan University	ANALYSIS OF MARITIME OFFICERS' AWARENESS AND CONFIDENCE LEVELS REGARDING NEXT-GENERATION NAVIGATION TECHNOLOGIES: A CLUSTER AND FACTOR ANALYSIS APPROACH
Adnan ERDAL Ayşe Nur SANDAL	Manisa Celal Bayar University	TAX POLICIES TO BE APPLIED IN THE FIGHT AGAINST INCOME INEQUALITY
Adnan ERDAL Ayşe Nur SANDAL	Manisa Celal Bayar University	EXAMINING THE EFFECTS OF AN AGAING POPULATION ON PUBLIC FINANCES

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-1 | HALL-4

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Muhammad Bilal Hussain

Authors	Affiliation	Presentation title
Muhammad Ameer Isyraff Hasrul Siti Alyaa Mesarah Budi Nur Liana Mohd Noor Leoh Jin Fu Sharipah Khadijah S.Hashim	Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah	EXPLORING THE POTENTIAL OF BETEL LEAVES (PIPER BETLE) IN THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE BEAUTY AND SPA PRODUCTS
Olufemi I. Adetokun Shuaibu Momoh Mohammed S. Zakari	---	HEAVY METALS CONTAMINATION AND ITS TOXIC HEALTH EFFECTS IN EDIBLE GREEN LEAF VEGETABLES COLLECTED FROM SELECTED AREAS IN KAURA NAMODA, ZAMFARA STATE NIGERIA
Aabdousse Jamal Boulli Abdelali Wahid Nadya Oussif Ilis Salim Nora	Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal	DOMESTICATION EFFECTS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THYMUS ESSENTIAL OILS IN MOROCCO
Chokri BAYOUDH Hedil GAAYA Afifa MAJDOUB Taoufik BETTAIEB	IRESA-University of Sousse	PRELIMINARY TRIALS OF OPTIMIZING IN VITRO PROPAGATION OF THE HYBRID PISTACHIO ROOTSTOCK UCB-1 (PISTACIA ATLANTICA X PISTACIA INTEGERRIMA) BY BIOREACTORS
Muhammad Bilal Hussain Marwa Waheed Mahjabeen Ejaz Ali Ikram	Government College University	ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN QUALITY CONTROL OF FOOD
Marwa Waheed Muhammad Bilal Hussain	Riphah International University	ROLE OF DIETARY FIBER IN FUNCTIONAL FOOD: HEALTH BENEFITS BEYOND DIGESTION

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-1 | HALL-5

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Yelderem AKHOUNDNEJAD

Authors	Affiliation	Presentation title
Nihal YAMAN Özgül ÖZDESTAN OCAK	Ege University	OPTIMIZATION AND STORAGE STABILITY OF BEESWAX-BASED OLEOGELS STRUCTURED WITH OLIVE OIL AND LEMON ESSENTIAL OIL: CHANGES IN α-TOCOPHEROL AND LIMONENE
Nisa GÜLER Neval TOPCU ALTINCI	Tokat Gaziosmanpaşa University	THE EFFECT OF BORIC ACID APPLICATIONS ON GRAPE QUALITY AND LEAF NUTRIENT CONTENT IN GRAPEVINES HARVESTING EDIBLE LEAVES
Aybike YILMAZ TEKİN Zeki BAYRAMOĞLU	Selçuk University	SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND THEIR EFFECTS ON NUTRITIONAL HABITS IN HUMAN RELATIONSHIPS
Ömer YÜZER	Doğuş University	STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT OF THE AGRICULTURAL PEST BEMISIA TABACI AND INTEGRATED PEST MANAGEMENT (IPM)
Ömer YÜZER Ersin DOĞAÇ Alper TONGUÇ	Doğuş University Muğla Sıtkı Koçman University	ASSESSMENT OF PYRETHROID RESISTANCE IN BEMISIA TABACI POPULATIONS ACROSS TÜRKİYE
Yelderem AKHOUNDNEJAD	Şırnak University	MECHANISMS OF ABIOTIC STRESS TOLERANCE IN TOMATO
Yelderem AKHOUNDNEJAD	Şırnak University	DEFENSE MECHANISMS AGAINST SALT STRESS IN TOMATO PLANT
Gülsüme BIÇAKCI	Bolu Abant İzzet Baysal University	ADVANCES IN PROBIOTIC MICROENCAPSULATION FOR FERMENTED MEAT PRODUCTS: INNOVATIVE APPROACHES AND APPLICATIONS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-2 | HALL-1

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Yeşim AKTÜRK DİZMAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Burcu YEŞİLBUDAK	Çukurova University	A COMPARATIVE STUDY OF THE RISK LEVEL OF HEAVY METAL EXPOSURE FROM POTENTIAL CONSUMPTION OF IMPRESSIONALLY METAL-LOADED FRESHWATER FISH SPECIES
Yeşim AKTÜRK DİZMAN	Recep Tayyip Erdoğan University	COMPARATIVE ANALYSIS OF CODON USAGE BIAS AND HOST ADAPTATION IN DNA POLYMERASE GENES OF BACULOVIRUSES
Ercüment ÇOLAK Perinçek Seçkinozan ŞEKER Engin SELVİ Teoman KANKILIÇ Reyhan ÇOLAK Nuri YİĞİT	Ankara University Artvin Çoruh University Ömer Halisdemir University	GENETIC STRUCTURE OF Glis glis POPULATIONS IN TÜRKİYE BASED ON COI GENE SEQUENCES
Elisa Gül ÇİL Özgül DOĞAN Mahir BUDAK Ertan Mahir KORKMAZ	Sivas Cumhuriyet University	GENOME ARCHITECTURE OF EURYTOMA PISTACINA (HYMENOPTERA: EURYTOMIDAE): A GROWING GENOME INFLATION
Zekiye ŞENGÜL ABEDI	Siirt University	SANCTION-SHOCK INDUCED ASYMMETRIC MARKET INTEGRATION IN TÜRKİYE, IRAN, AND UNITED STATES PISTACHIO EXPORT PRICES: A VECM-BASED ANALYSIS
Ayşe AKYÜZ	Ondokuz Mayıs University	SATELLITE-BASED MONITORING OF WHEAT WATER CONSUMPTION
Burak AKYÜZ Ayşe AKYÜZ	Ondokuz Mayıs University	AI APPROACHES FOR ASSESSING STRESS RESPONSES OF CHESTNUT UNDER WATERLOGGING

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-2 | HALL-2

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Hüseyin DURAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Yağmur ATEŞ Ülviye HACIZADE	Haliç University	REVIEW OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS USED IN CORPORATE VALUATION
Hüseyin DURAN	Akdeniz University	CURRENT STATUS AND FUTURE TRENDS IN COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND HARDWARE INFRASTRUCTURE IN UNMANNED SURFACE VEHICLE SYSTEMS
Hüseyin DURAN	Akdeniz University	USE AND EFFECT OF DIFFERENT BODY TYPES AND MATERIAL STRUCTURES IN UNMANNED SURFACE VEHICLES
Yeserra HIZLIOĞLU Sertaç ERMAN	Sakarya University of Applied Sciences	FROM MITTAG-LEFFLER FUNCTIONS TO MACHINE LEARNING: A NEW ACTIVATION APPROACH FOR TIME SERIES PREDICTION
Fatma Şenay DEMİREL YEŞİLMEŞE	Van Yüzüncü Yıl University	THE ROLE AND IMPORTANCE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND REMOTE SENSING (RS) TECHNIQUES IN DETERMINING EMERGENCY ACTION PLANS
Abdurrahman KESKİN Özlem AKÇAKOCA Mihriban ÖZDEMİR	Pusula Corporate Business Solutions	OPTIMIZING HEALTHCARE RESOURCES THROUGH APPOINTMENT ATTENDANCE PREDICTION AND REAL TIME MODEL DRIFT MANAGEMENT
Özlem AKÇAKOCA Abdurrahman KESKİN Mihriban ÖZDEMİR	Pusula Corporate Business Solutions	ENHANCING CUSTOMER SATISFACTION AND EMPLOYEE PERFORMANCE VIA AI-BASED TEXT ANALYTICS IN SUPPORT SYSTEMS

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-2 | HALL-3

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Praveen Kakada

Authors	Affiliation	Presentation title
Nour El Houda, FETHELLAH Salah Ahmed Ghaleb, MOHAMMED	Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherches	COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS WITH AHP-DERIVED WEIGHTS FOR HOTEL RECOMMENDATION SYSTEMS
Dorra TURKI	University of Sfax	CLIMATE VULNERABILITY AND MONETARY POLICY: AN AUGMENTED TAYLOR RULE APPROACH
Phan Vinh An Dang Hoang Xuan Huy	Nha Trang University	THE COLLABORATION BLUEPRINT: A MANAGERIAL GUIDE TO FORGING EFFECTIVE SCHOOL-ENTERPRISE PARTNERSHIPS IN TOURISM IN VIETNAM
Muhammad Imran	University of Veterinary and Animal Sciences	ACCEPTANCE OF DIGITAL VOICE ASSISTANTS IN PAKISTAN: A SERVICE ROBOT ACCEPTANCE MODEL PERSPECTIVE
Praveen Kakada	National Institute of Technology	THE INTERPLAY OF ORGANIZATIONAL CULTURE AND INNOVATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW
RAHMOUNI Hanane	University of Oran 2 Mohamed Ben Ahmed	PROFESSIONAL INVOLVEMENT IN UNIVERSITY HIGHER EDUCATION

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-2 | HALL-4

Ankara Local Time: 12:30-14:30

Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Benabdellah Yagoubi

Authors	Affiliation	Presentation title
Osamah Mohammed Jasim	University of Delhi	A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL MANAGEMENT PRACTICES IN IRAQI UNIVERSITIES IMPLEMENTING HEPIQ
Nguyen The Long Nguyen Thu Huong Shmeleva Anna G Pham Van Kien Nguyen Minh Tuong	Thai Nguyen University	APPLICATION OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR FLOOD FORECASTING IN VIETNAM
Mehmet Ali AKKAYA	İzmir Kâtip Çelebi University	LIBRARY EMPLOYEES' ATTITUDES TOWARDS ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES: A STUDY ON MUNICIPALITIES IN IZMIR
Fatima Zahra ZNAKI Khalid. SAID Jihane ZNAKI Mohamed ADADI Hassane MOUSTABCHIR Souad ELKHATTABI	Sidi Mohamed Ben Abdallah University	NUMERICAL MODELING AND PERFORMANCE OPTIMIZATION OF STABLE LEAD-FREE PEROVSKITE SOLAR CELLS
Jihane ZNAKI Fatima Zahra ZNAKI Khalid. SAID Mohamed ADADI Hassane MOUSTABCHIR Souad ELKHATTABI	Sidi Mohamed Ben Abdallah University	PRESSURE-INDUCED BANDGAP ENGINEERING OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITE : A DFT INSIGHT
Benabdellah Yagoubi	University of Mostaganem	GEOMETRIC APPROACH TO THE GRADIENT FOR ANN TRAINING

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

15.09.2025 | SESSION-2 | HALL-5

Ankara Local Time: 12:30-14:30

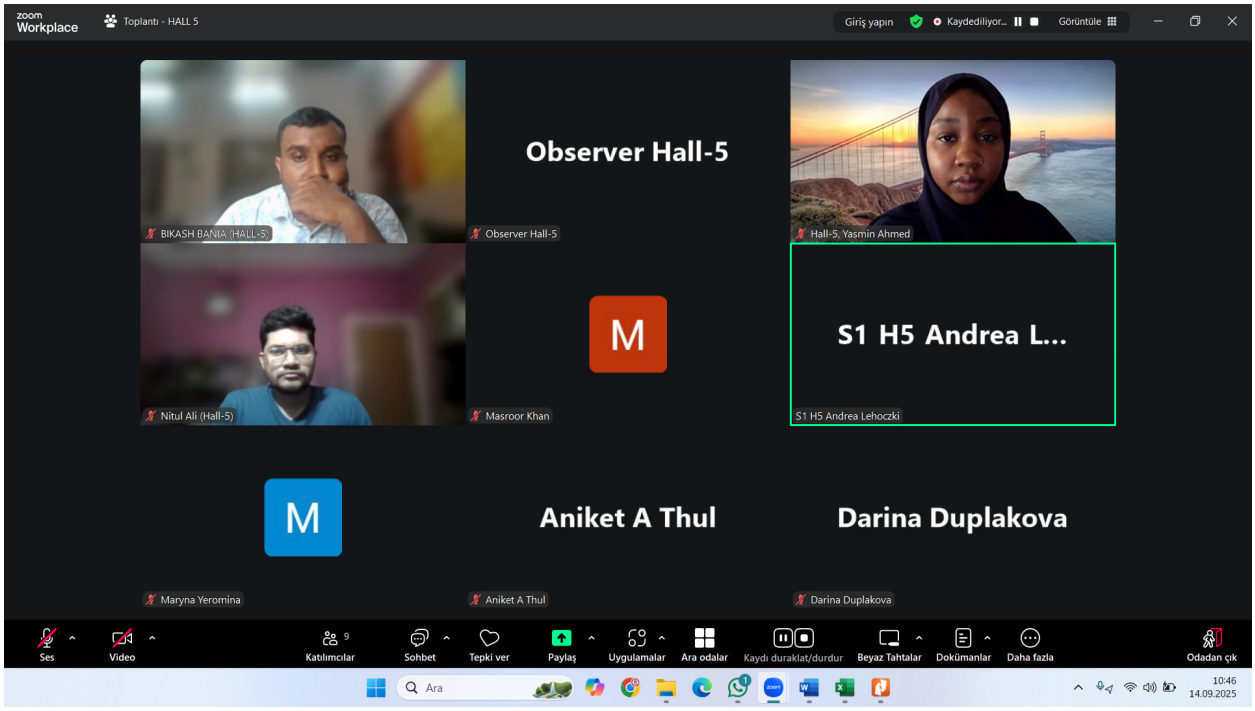
Meeting ID: 847 7043 0612 | Passcode: 131415

HEAD OF SESSION: Thenmozhi . M

Authors	Affiliation	Presentation title
Lamia Berkane Ghania Ahmed Mohammed Sadok Derki Chikha Maria Manel Azzi Dalal Doudi	University of El Oued	TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF DELTAMETHRIN ON BIOCHEMICAL AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN MALE RATS
Juel Jarani Andi Spahi	Sports University of Tirana	EXPLORING THE RELATIONSHIP OF BMI AND WAIST CIRCUMFERENCE AS INDICATORS OF CHILDHOOD OBESITY IN TIRANA
Thanh-Dung Nguyen Mai-Anh Nguyen Mai-Lan Phan	Can Tho University	EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY AND CHARACTERIZATION OF THE BIOACTIVE SECONDARY METABOLITES PRODUCED BY Bacillus velezensis SB4R5 AGAINST Escherichia coli AND Staphylococcus aureus
Mohammed Cheurfa Abdallah Noui N.I Kessairi B. Takherisste A. Meklati	University of Djillali Bounaama-Khemis Miliana	PHYTOCHEMICAL ANALYSIS AND GASTROPROTECTIVE POTENTIAL OF PUNICA GRANATUM L. LEAF EXTRACTS: IN VITRO STUDY
Ballaoui Mouad	Ibn Tofail University	THE STUDY OF FUNGAL SPECIES CHARACTERIZING FIG TREES
Thenmozhi . M	---	ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF ETHANOLIC EXTRACT OF SCHEFFLERA ARBORICOLA SEEDS

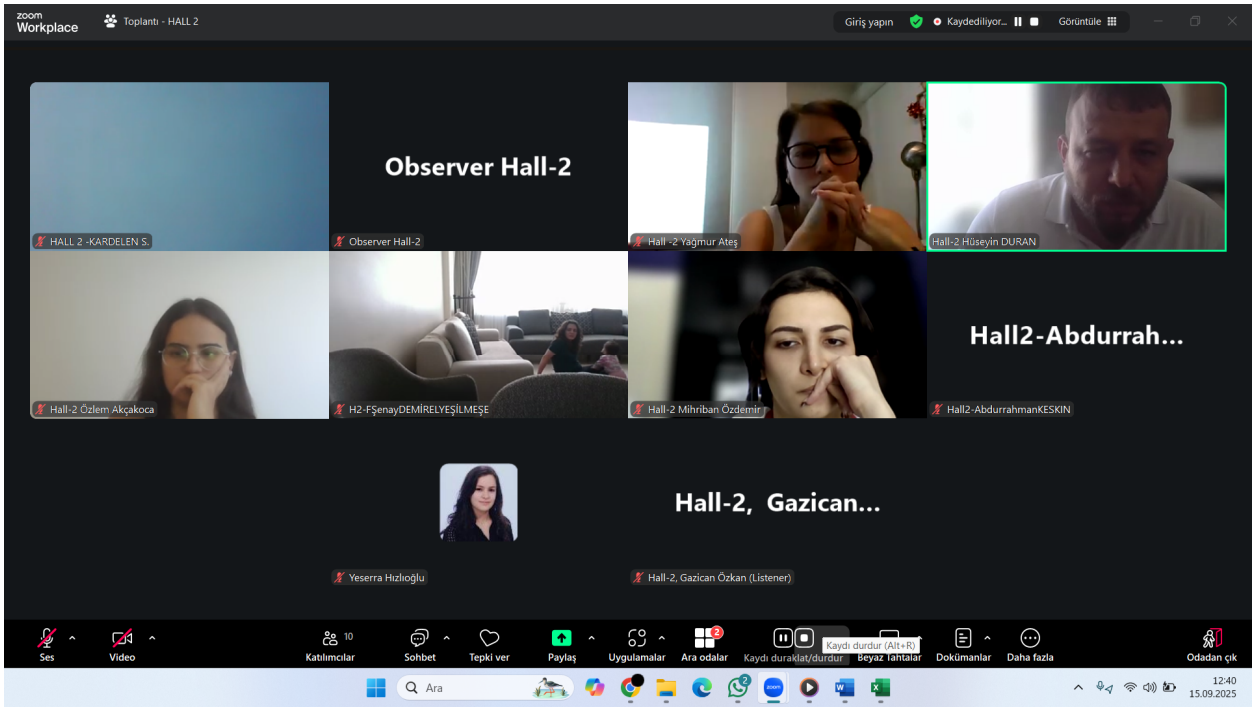
(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

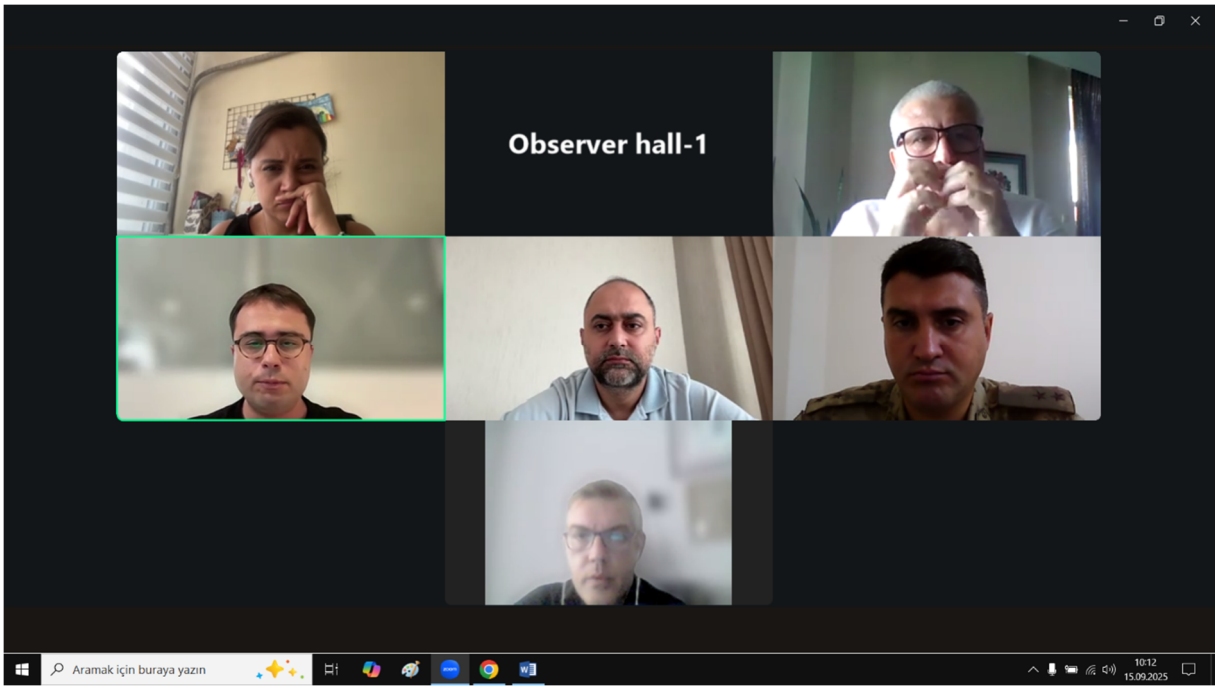
PHOTO GALLERY

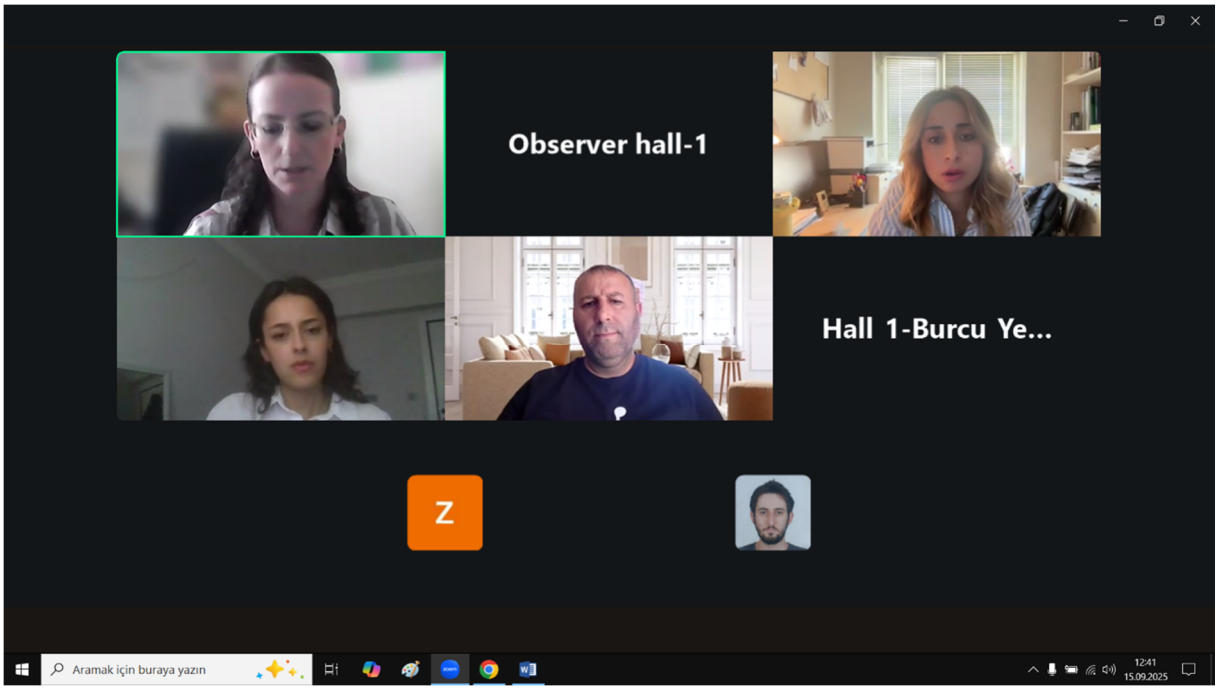


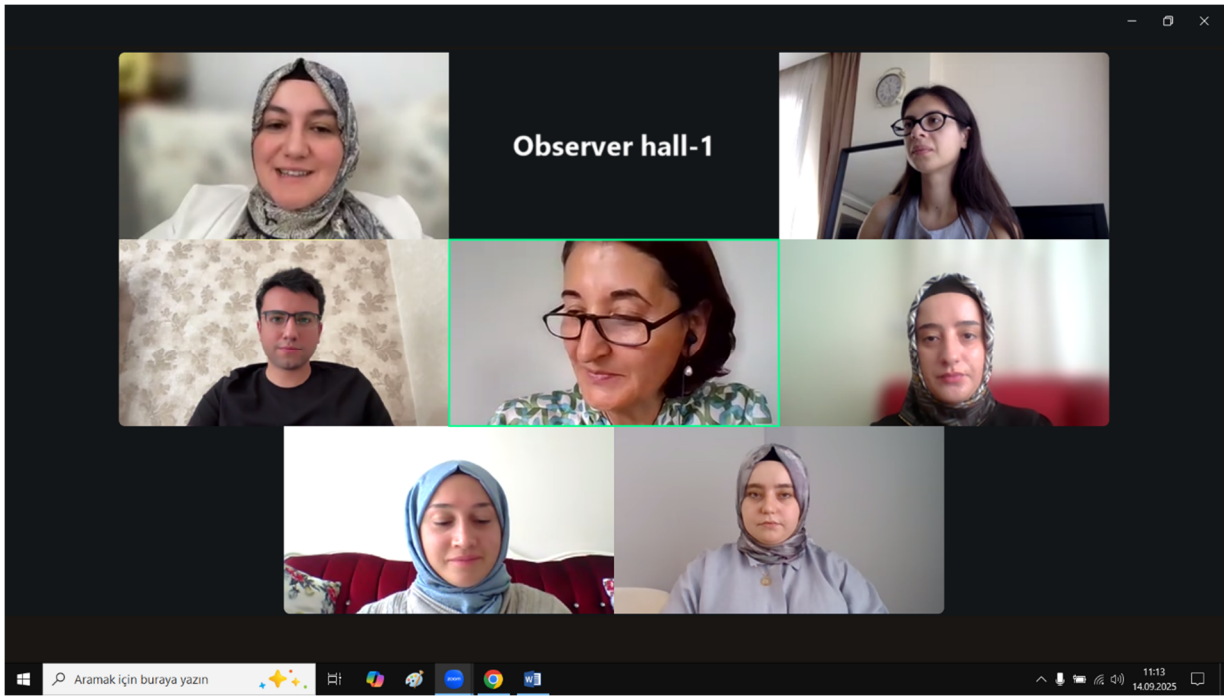
Toplantı - HALL 5
Observer Hall-5
HALL-5 Tuba ÖZDEMİR ÖGE
Observer Hall-5
HALL-5 Burak Işık
Hall-5 Mehmet Zeybek
Hall 5 - Mecit Öge
Ali Deniz
Nihal YAMAN-h...
HALL 5-Nahide...
Nihal YAMAN-hall 5
HALL 5-NahideElifAşcıKıymaz

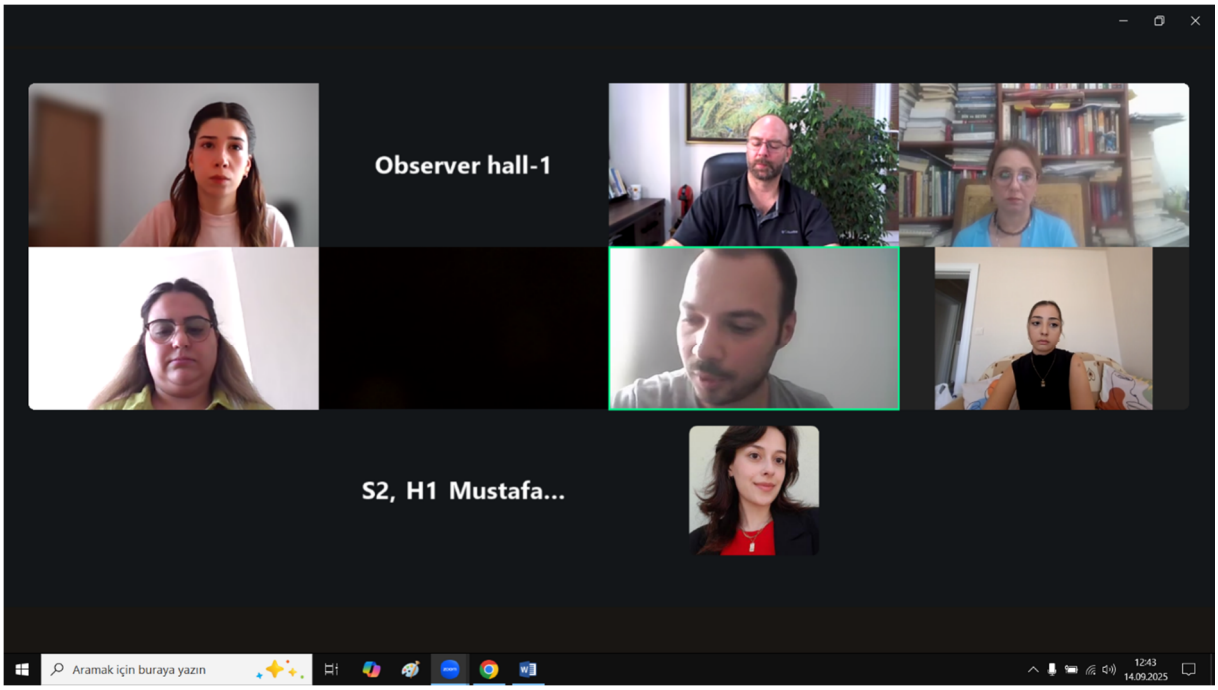
Toplantı - HALL 2
Observer Hall-2
Ghaleb Rabab
Observer Hall-2
Desi Slanipar
E
Esra TATAŞ


zoom Workplace
Toplantı - HALL 2
Giriş yapın
Kaydediliyor...
Görüntüle
Observer Hall-2
HALL 2 -KARDELEN S.
Observer Hall-2
Hall -2 Yağmur Ateş
Hall-2 Hüseyin DURAN
Hall-2 Özlem Akçakoca
H2-FŞenayDEMİRELYEŞİLMEŞE
Hall-2 Mihriban Özdemir
Hall2-Abdurrah...
Hall2-AbdurrahmanKESKIN
Yeserra Hızlıoğlu
Hall-2, Gazican...
Hall-2, Gazican Özkan (Listener)
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Uygulamalar
Ara odalar
Kaydı durdur/durdur
Kaydı durdur (Alt+R)
Beyaz tahtalar
Dokümanlar
Daha fazla
Odadan çık
Ara
12:40
15.09.2025


Observer hall-1
Aramak için buraya yazın
10:12
15.09.2025


Observer hall-1
Hall 1-Burcu Ye...
Aramak için buraya yazın
12:41
15.09.2025


Observer hall-1
Aramak için buraya yazın
11:13
14.09.2025


Observer hall-1
S2, H1 Mustafa...
Aramak için buraya yazın
12:43
14.09.2025

Observer hall-1
Anjeza Brahja P...
Aramak için buraya yazın
15:42
14.09.2025

CONTENTS

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	NO
Tuğçe KOLUKISA Elif ERBAY Nursan ÇINAR	PROVIDING SENSITIVE CARE FOR CHILDREN WITH AUTISM AND THEIR FAMILIES: AN INFORMATIONAL QR-CODE BROCHURE FOR HEALTHCARE PROFESSIONALS	1-10
Şule İŞLER DEMİRHAN Hatice PEK	MOTHER-BABY CONTACT BARRIERS IN NEONATAL INTENSIVE CARE UNITS	11-22
Hatice CETİN Dicle KARAKAYA-SARIKAYA	FUNCTIONAL RECOVERY PROCESS IN A PREGNANT DIAGNOSED WITH ACHONDROPLASIA AFTER ECLAMPSIA BY DISSEMINATED INTRAVASCULAR COAGULATION: CASE REPORT	23-24
Zeynep KOCA Seval KUTLUTÜRK YIKILMAZ	THE EFFECT OF CYBERDYNE TECHNOLOGY ON GAIT PARAMETERS, MOBILITY, AND GROSS MOTOR FUNCTION IN CEREBRAL PALSY: A CASE REPORT	25-26
Canan DEMİR Cihan Caner AKSOY Gülhan YILMAZ GÖKMEN Dilber DURMAZ	THE RELATIONSHIP BETWEEN SINGLE BREATH COUNTING, PULMONARY FUNCTION TEST PARAMETERS, RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH, AND DYSPNEA LEVEL IN POST- COVID-19 INDIVIDUALS WITH PERSISTENT DYSPNEA	27-37
Gülsüm Zekiye TUNCER Metin TUNCER	PSYCHOLOGICAL CAPITAL AND PSYCHOSOCIAL CARE COMPETENCE IN NURSES: THE MEDIATING ROLE OF ETHICAL ATTITUDES AND MODERATING ROLE OF PAY SATISFACTION	38-39
Yusuf KOÇAK Halime Şenay GÜZEL	THE RELATIONSHIP BETWEEN NARCISSISM, SELF-ESTEEM, AND PERCEIVED MATERNAL NARCISSISTIC TRAITS: A THEORETICAL REVIEW	40-50
Eren GÜZELOĞLU	AI-POWERED APPROACH TO PARENTAL VACCINE HESITANCY	51-53

Pınar ÖZMEN YILDIZ	COMPARATIVE EVALUATION OF URIC ACID/HDL-C, NON-HDL-C/HDL-C, AND ATHEROGENIC INDEX OF PLASMA FOR PREDICTING NO-REFLOW AFTER SAPHENOUS VEIN GRAFT PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTION IN NON-ST-SEGMENT ELEVATION ACUTE CORONARY SYNDROME	54-56
Ozlem TOTUK	ASSOCIATION BETWEEN SLEEP QUALITY AND CORTICAL ATROPHY IN ALZHEIMER'S DISEASE	57
Mehmet Enes GÜNER	CASE REPORT: STAPHYLOCOCCAL SCALDED SKIN SYNDROME IN A 4-YEAR-OLD GIRL	58-60
Mehmet Enes GÜNER	PAPILLON-LEFÈVRE SYNDROME IN A PEDIATRIC PATIENT WITH SEVERE CUTANEOUS AND PERIODONTAL MANIFESTATIONS	61-63
Onur FAKI Özgür DEMİRCAN	DEVELOPMENT OF MUSHROOM MYCELIUM INCLUDE THEMROPLASTIC COMPOSITE MATERIALS	64-73
Onur FAKI Özgür DEMİRCAN	DEVELOPMENT OF MUSHROOM MYCELIUM/CACO3/PP INCLUDE THEMROPLASTIC COMPOSITE MATERIALS	74-82
Muhammed Furkan KÖPRÜBAŞI Özgür DEMİRCAN	DEVELOPMENT OF A NEW COMPOSITE MATERIAL FOR ELECTRIC VEHICLE BATTERY COATING APPLICATION	83-91
Muhammed Furkan KÖPRÜBAŞI Özgür DEMİRCAN	DEVELOPMENT OF A NEW COMPOSITE MATERIAL WITH HALLOYCITE/GLASS FIBER/EPOXY MATRIX	92-99
Aleyna NUR PEKER Rümeysa ATEŞ Nida Nur BOZKURT Özgür DEMİRCAN	DEVELOPMENT OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH CARBON POWDER THAT CAN BE USED IN AIRCRAFT PARTS	100-108

Aleyna NUR PEKER Rümeysa ATEŞ Nida Nur BOZKURT Özgür DEMİRCAN	DEVELOPMENT OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH ALUMINIUM POWDER AND EPOXY MATRIX	109-118
Risyawati Mohamed Ismail	AGROTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF LOCAL FORAGE PLANTS FOR SUSTAINABLE ANIMAL FEED DEVELOPMENT	119
Risyawati Mohamed Ismail Nur Aailiaa Raimi Bt Abdull Razak	HACCP IMPLEMENTATION IN MALAYSIAN FOOD MANUFACTURING	120
Gazmir Çela Dr. Anira Gjoni Indrit Rexhepi	ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC CONDITIONS IN THE LANDS OF THE COASTAL LAGOONS OF ALBANIA	121-128
Mouheb Sboui Khalid A. Alamry Youssef O. Al-Ghamdi Mahmoud A. Hussein	DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL COTTON TEXTILE COATED WITH Ag-Ag2S/TiO2 PLASMONIC PHOTOCATALYST	129
Farhan Ahmadi-Mirghaed	FORECASTING DUST STORMS USING SATELLITE IMAGERY AND MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN KHUZESTAN, SOUTHWEST IRAN	130-136
Shalva Zarnadze Irine Zarnadze Tsitsi Papunashvili Lado Gabechava	ADAPTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE HEALTHCARE SYSTEM OF GEORGIA; POPULATION NEEDS AND RISKS	137
Shahid Ali Rajput	PROTECTIVE EFFECTS OF QUERCETIN AGAINST AFB1-INDUCED IMMUNOTOXICITY AND OXIDATIVE STRESS IN BROILERS	138
Shibendu Kuiri Samiran Bisai	PREVALENCE OF CHRONIC ENERGY DEFICIENCY AMONG ADULT TRIBAL POPULATION OF INDIA	139-140
Yasmin Aisha AHMED Türkan GÜNAY	FACTORS INFLUENCING CONTRACEPTIVE USE AMONG MARRIED NIGERIAN WOMEN	141
Bikash Bania Nitul Al	HIDDEN HUNGER: THE SILENT GLOBAL BURDEN OF VITAMIN B12 DEFICIENCY	142
Virág Zábó Andrea Lehoczki Mónika Fekete Zoltán Ungvári	THE GUT–BRAIN AXIS IN NEURODEGENERATIVE DISEASES: THE MICROBIOME AS A NOVEL THERAPEUTIC TARGET	143-154

Emmanuel Chidiebele Oforgu	PROTEIN CARBONYLATION IN HUMAN DISEASES	155-166
Ján Duplák Samuel Mikuláško Darina Dupláková Maryna Yeromina	PROJECT FINDINGS ON THE DESIGN OF A ROBOTIC WORKSTATION FOR DENTAL IMPLANTS	167
Muhammad Masroor Hussain Sana Qammar Ao-Qiang Zhai Fu-yu Li Hai-jie Hu	IMPACT OF ENTERAL TUBE FEEDING ON POSTOPERATIVE OUTCOMES FOLLOWING PANCREATODUODENECTOMY: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS	168
Aniket .A.Thul Pooja Rasal	HERBAL SUBLINGUAL FLIMS FOR ANGINA PECTORIS	169
Yogita Rani Gitanjali Indeewar kumar	RELIABILITY MODELING OF PARALLEL AUTOMATED AND MANUAL HANDLING SYSTEMS	170
Muhammad Sohail	ANALYTICAL INVESTIGATION OF MATHEMATICAL MODELS UNDER DIFFERENT TRANSFORMATIONS AND FRACTIONAL DERIVATIVE OPERATORS	171
G. Narender K. Govardhan	ENHANCED HEAT AND MASS TRANSFER IN MHD NANOFLUIDS FOR POROUS MEDIUM APPLICATIONS: RADIATION, JOULE HEATING, AND VISCOUS DISSIPATION EFFECTS	172
Kamal Shah	ON USING MODIFIED ATTANGANA-BALEANU FRACTIONAL ORDER DERIVATIVE TO INVESTIGATE A CLASS OF NONLINEAR EVOLUTION HYBRID DIFFERENTIAL EQUATIONS	173
Aziz Khan	DATA ANALYSIS OF FRACTIONAL ORDER MODELING OF PLANT CAPTURE CARBON DIOXIDE DYNAMICS WITH NEURAL NETWORKING	174
E. O. Fatunmbi O. J. Olanrewaju	THERMAL ENHANCEMENT OF A WATER-BASED WILLIAMSON HYBRID NANOFLUID FLOW OVER A CONVECTIVELY COOLED CYLINDER	175

Muxtarova Shaxnoza Mashrabovna	METHODOLOGY OF TEACHING THE MOTHER TONGUE THROUGH INTEGRATION WITH MATHEMATICS	176-179
Samia Rani Abid Hussanan	AN INVESTIGATION INTO THE INTERPLAY OF MAGNETIC FIELD AND NANOPARTICLE MORPHOLOGY IN SODIUM ALGINATE-STABILIZED COPPER NANOFLUIDS	180
Meltem KOLCUBAŞI Giray Yiğit KOLCUBAŞI	SUSTAINABILITY APPROACHES IN COLD CHAIN LOGISTICS: A CONTENT ANALYSIS OF THE RETAIL INDUSTRY IN TÜRKİYE	181-182
Aslıhan UĞURLU OGUZ Tuğrul BAYRAKTAR	OPTIMIZATION FOR FAIR DUTY DISTRIBUTION IN ON-DUTY PHARMACIES: THE SAFRANBOLU EXAMPLE	183-184
Aleyna Kevser ÖZTÜRK Mustafa Gökberk ERTAN	EXAMINATION OF THE LOCAL GOVERNMENT STRUCTURE OF THE ARAB REPUBLIC OF EGYPT	185-186
Cansu KAYMAL Ebru ALKAYA	FROM PAST TO PRESENT: THE ADVENTURE OF SKEPTICISM	187-201
Soner TAUSCHER	FROM UNEQUAL TREATIES TO READMISSION AGREEMENTS: NEO-IMPERIAL REFLECTIONS OF LEGAL IMPERIALISM	202-203
Ebru ELÇİ Gökçe CEREV	SUBALTERN DISCOURSE IN TURKEY: A CONTENT ANALYSIS BASED ON POSTGRADUATE THESES	204-219
Şevket KÖKSAL Sadık ZUHUR Muhammed Said BOYBAY	VARACTOR CONTROLLED MICROWAVE SENSOR FOR DIELECTRIC CHARACTERIZATION AT SINGLE FREQUENCY	220-221
Osman Tayfun BİŞKİN	S1–S2–DSM–BASED MULTIMODAL LAND-COVER CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING METHODS	222-227
Savaş ŞEHİRLİ Gültekin ÇELİK	IONIC TRANSPORT DYNAMICS AND THERMAL BEHAVIOR OF NASICON-TYPE LATP AND ITS INDIUM-DOPED DERIVATIVE ELUCIDATED BY AIMD	228-229

Betül GÜLGEÇ Berna KÖRPINAR Hakan AKAT	ENHANCEMENT OF THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLED POLYPROPYLENE VIA REACTIVE EXTRUSION	230-241
Medine ATMACA Necati OLGUN	COMPARATIVE ANALYSIS OF U-NET AND CNN-BASED MEDICAL SEGMENTATION MODELS	242-244
Beyza KARABULUT Duygu DEDEOĞLU Hülya BAYRAK	COMPARISON AND INTERPRETATION OF ZERO-INFLATED MODELS ON ISSUES ENCOUNTERED IN THE E-GOVERNMENT APPLICATION	245-246
Barış ERGÜL Arzu ALTIN YAVUZ	COUNT DATA MODELING OF EPILEPTIC SEIZURES: POISSON, NEGATIVE BINOMIAL, AND ZERO-INFLATED POISSON REGRESSION APPROACHES	247-251
Barış ERGÜL Arzu ALTIN YAVUZ	ANALYSIS OF BIRD POPULATIONS AND HABITAT CHARACTERISTICS USING REGRESSION MODELS	252-257
Burak KEPME	SPARE PARTS NEEDS ANALYSIS BASED ON MTBF AND MTTR DATA: AN APPROACH ON LAND VEHICLES IN THE DEFENSE INDUSTRY SECTOR	258-264
Mehmet YAVUZ	ULTRASONIC HEATING SOLUTIONS FOR ENHANCED OPERATIONAL READINESS OF MILITARY VEHICLES THROUGH ADVANCED FUEL AND DE-ICING SYSTEMS	265-272
Hüseyin OTHAN Ahmet Oktay DEVECİLİ Ersin TOPTAŞ Şenol ŞİRİN	THE EFFECT OF REINFORCEMENT MATERIALS ON THE MECHANICAL AND PHYSICAL BEHAVIORS OF PA- AND PLA-BASED POLYMER MATRIX 3D PRINTING FILAMENTS	273-274
Adem Murat TURAN Ayhan ETYEMEZ	COMPARISON OF PERFORMANCE OF HIGH-SPEED AND STANDART TYPE HOLDERS IN MILLING OPERATION: SURFACE QALITY AND CUTTING TOOL WEAR ANALYSIS	275-285
Abdulrezzak BAKIŞ	REUSABILITY OF POST-DEMOLITION CONSTRUCTION CONCRETE WASTE IN CONCRETE PRODUCTION	286-287

Davut YILMAZ Akın ÖNALP Ahmet Can MERT	A RE-EVALUATION OF SETTLEMENTS RECORDED AT THE ATATÜRK DAM	288-297
Davut YILMAZ	APPLICATIONS OF CONSOLIDATION GROUTING IN TUNNELS AND FOUNDATIONS	298-314
Ebrar KARAER Leyla DOKUZER ÖZTÜRK	THE EFFECT OF DAYLIGHTING ON THE DESIGN OF COURTYARD RESIDENTIAL BUILDINGS	315-316
Mamta Sharma Sandeep Kumar Sharma	CLIMATE SHOCKS AND NUTRITIONAL SHIFTS: UNDERSTANDING THE FOOD–HEALTH LINK IN INDIA	317-331
R. Thiruchelvi	ECOLOGY OF THE PLASTISPHERE: ASSEMBLY, FUNCTION, AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF PLASTIC-DWELLING COMMUNITIES	332
Saeeda Mubashra Matloob Ahmad	INNOVATIVE APPROACHES TO N-ARYL MORPHOLINE SYNTHESIS: FROM METAL CATALYSIS TO METAL-FREE PROTOCOLS	333
Aliyu Basiru Aliyu Danmusa Mohammed	STUDY ON THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF CHEMICALLY MODIFIED ANIONIC AZO DYES AND THEIR POTENTIAL FOR TREATING INFECTIOUS DISEASES	334
Umar, A. A. Hafsat, U. K. Fowotade, S. A. Haruna D. A. Muistapha B.	ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF SOME SELECTED STORAGE WATER VESSELS AROUND MALE HOSTELS IN HAFED POLY KAZAURE JIGAWA STATE, NIGERIA	335-342
Asma Azhar Bushra Parveen Fizza Mubeen Kulsoom Ghulam Ali Ameer Fawad Zahoor	GREEN SYNTHESIS OF NICKEL OXIDE NANOPARTICLES USING FRUCTUS LIMONIS PEEL EXTRACTS AND INVESTIGATION OF THEIR BIOLOGICAL PROPERTIES	343
Pushpendra Kushwaha Madhu Agarwal	SELECTIVE EXTRACTION AND RECOVERY OF ZINC FROM JAROSITE USING PROTIC IONIC LIQUID	344
Onyeka Stanislaus Okwundu	BIO-INSPIRED AERONAUTICS: LEARNING FROM PIGEONS, OWLS, AND FALCONS ON FLIGHT SPEED AND ACOUSTICS	345

Sanusi Tajuddeen Muhammad Saleh Salga	SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, ANTIOXIDANT AND BIOLOGICAL STUDIES OF SOME DIVALENT TRANSITION METAL COMPLEXES DERIVED FROM SUBSTITUTED MALONIMIDATE AND SUBSTITUTED MALONIMIDIC ACID	346
Fakhar ud Din Sumiya Gul Zakir Ali	REPURPOSING OF ATORVASTATIN TRANSETHOSOMAL GEL FOR EFFICIENT WOUND HEALING IN MOUSE MODEL: STATISTICAL OPTIMIZATION, IN VITRO AND IN VIVO INVESTIGATION	347
Rareș-Vasile Voroneanu-Popa Richard Constantinescu	REDUCED FINANCIAL COSTS AS A DETERMINING FACTOR IN THE CHOICE OF ALTERNATIVE DISPUTE RESOLUTION METHODS	348
Marvel Reuben Suwitono Martin Culbert Maria Charlottian Tania Miranda Alvin Reynaldi Rumimper Titin Sulastri	ASSESSMENT OF ADMETOX PROPERTIES OF AGERATUM CONYZOIDES FLAVONOIDS	349
G.David S.Kalaivanan R.Srinivasan	MACHINE LEARNING IN ADVERSE DRUG REACTION PREDICTION	350
G. David R. Swathi	INVESTIGATION OF THE EFFICACY OF A NOVEL VACCINE AGAINST CANINE PARVOVIRUS	351
Haluk YILMAZ İbrahim KOCABAŞ	PREDICTION OF BUCKLING LOAD CAPACITY OF SANDWICH PANELS UNDER AXIAL COMPRESSION USING VIBRATION CORRELATION TECHNIQUE (VCT)	352-363
Bimal Kumar Mishra Prafful Mishra	UNDERWATER CYBER EPIDEMICS IN AUV SWARMS USING A FRACTIONAL SIRS FRAMEWORK WITH AI/ML AND BLOCKCHAIN-DRIVEN DEFENSE MECHANISMS	364
Haytham ELFARRI Latifa ZNAIDI Hasnae SAADI	A STUDY OF ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF ZNS THIN FILMS BY SILAR TECHNIQUE FOR SOLAR CELLS	365
Poonam Sunil Kumar	STUDY & ANALYSIS OF COMPOST FOR CAPACITIVE AND NON-CAPACITIVE APPLICATIONS	366

Hassane MES-ADI Mohamed AIT ICHOU Mohamed LABLALI Khalid SAADOUNI M'hammed MAZROUI	MECHANICAL STRENGTHENING IN AU THIN FILMS: A MOLECULAR DYNAMICS ANALYSIS OF NANOINDENTATION EFFECTS	367
H. Aissania S. Noura R. Abdeldjebar A. Merabtia A.A. Djatout	SIMULATION OF THE IONIC IMPLANTATION OF PHOSPHORUS IN THE ZnO MATRIX	368
Mosharaf Hossain	CLIMATE CHANGE AND GLOBAL WARMING: A KEYNOTE FROM AMITAV GHOSH'S FICTION	369
Anjeza Brahja Edita Stojani Isida Shehu	BILINGUALISM AND COGNITIVE DEVELOPMENT: BENEFITS BEYOND LANGUAGE	370
Anjeza Brahja Edita Stojani Isida Shehu	THE ROLE OF BILINGUALISM IN MASTERING SOFT AND TASK-SWITCHING SKILLS	371-377
Balnur Amantay Martbekkyzy Sarkulova Manifa Stabolovna Ali Rafet Özkan	ORNAMENTAL CODES OF EQUESTRIAN CULTURES: PHILOSOPHICAL INTERPRETATION OF SYMBOL, MEMORY	378-386
Subarna Saha Shahid Khan Anirban Mukherjee Sourav Biswas Saikat Adhikary	MULTILINGUAL AND EXPLAINABLE TRANSFORMER-BASED FRAMEWORK FOR POLITICAL BIAS DETECTION IN NEWS ARTICLES	387
Ajayi, Olayemi T. Oshobughie, Adedoyin O.	PRIVACY, RISK, AND IDENTITY IN THE DIGITAL SPHERE: AN ASSESSMENT OF WHATSAPP STATUS UPDATES AMONG ADOLESCENT BOYS	388-392
Sujata Dhananjay Sathe Sahebrao N.Shinde	SYNERGIZING DEEPTECH AND BLOCKCHAIN: UNLOCKING THE FUTURE OF DECENTRALIZED INNOVATION	393
Rozalin Abdul Rahim Norasekin Abd Rashid	COFFEE CONSUMPTION BEHAVIOR IN MALAYSIA: AN EXTENSION OF THE THEORY OF PLANNED BEHAVIOR	394
Zishan Aslam Pervez Alam	INFLUENCE OF MEDIA FILLING RATIO ON BIOFILM DEVELOPMENT AND PHENOLIC WASTEWATER TREATMENT IN MBBR	395
Mehdi Shalchi Tousi	DESTRUCTIVE EFFECTS OF CONSTRUCTION ON THE ENVIRONMENT	396-398

BOUCHEHIT Hamza BENFRID Abdelmoutalib	CORROSION OF PURIFIED WATER STORAGE TANKS	399
Indah KHOIRUNISA	PT PIM NPK FACTORY OPERATIONS RETURN TO NORMAL AFTER FIRE	400
Ayat Ehsan Farhana Naz	RESTORING MEMORY, REVIVING SPACE: ADAPTIVE REUSE OF BRADLAUGH HALL	401
Fatima Irfan Farhana Naz	REFRAMING MOBILITY ARCHITECTURE: RAILWAY STATIONS AS CULTURAL AND EXPERIENTIAL LANDSCAPES	402
Moslem Somali	STUDYING THE ROLE OF THE TIMURID GOVERNMENT IN THE DEVELOPMENT OF THE ART OF CALLIGRAPHY AND ILLUMINATION IN THE ISLAMIC PERIOD	403
Yoga Pratama ADHISAPUTRA	THE SOUND OF NATURE: TRADISIONAL MUSIC AS A STRESS- RELIEF EXPERIMENT FOR YOUNG PEOPLE	404
Laiba Khalid	ERASURE AND RESISTANCE: A CULTURAL AMNESIA READING OF OGAWA'S THE MEMORY POLICE	405
Moses Adeolu AGOI Ismail Olaniyi MURAINA Solomon Onen ABAM Bashir Oyeniran AYINDE Wasiu Olatunde OLADAPO	AUTOMATING STATISTICAL INFERENCE WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS	406-414
Prajwal Mohapatra Swayam Subhankar Sahoo Adyasha Das	PREDICTIVE MODELLING OF DAILY WILDFIRE RISK USING MULTIMODAL SATELLITE DATA AND MACHINE LEARNING	415
Ayşenur KELEŞ DAYAUÇ Osman Baki ÖZDEMİR	STRUCTURAL PROPERTIES OF TiO2 NANOTUBES COATED ON DENTAL IMPLANTS	416
S. Jeavudeen Abdur Rahman	COMPARISON OF MACHINING PERFORMANCE OF VARIOUS TYPES OF POWDER MIXING SYSTEM FOR PMEDM PROCESS	417
Krupakaran R.L Ratnakamla.P Vidyasagar Reddy.G	THE INFLUENCE OF TURBOCHARGER AND EXHAUST GAS RECIRCULATION ON WITH THERMAL BARRIER COATING DIESEL ENGINE PROPELLED WITH RUBBER SEED BIODIESEL	418

I.G. Chokoe O. D. Makinde R. L. Monaledi	MODELLING NANO-FUEL CONVECTION AND THERMAL CRITICALITY IN AN AUTOMOBILE CATALYTIC CONVERTER	419
Abhigyan Ganguly	MACHINE LEARNING IN SOLAR CELLS	420-431
Moses Adeolu AGOISamuel Olayiwola AJAGA Solomon Abraham UKPANAH Oluwadamilola Peace AGOI	COLLABORATIVE ROBOTS (COHOTS) FOR PRECISION PRUNING AND CROP MANAGEMENT IN GLASS HOUSES	432
QASSID Ayoub Touhami Fatima BAKKALI Salma	TERRITORIAL GOVERNANCE CHALLENGES IN THE FACE OF SOCIAL AND DIGITAL INNOVATION	433
Anjali Ganesh Sandhya Bhandary S Shamanth Khandige	CSR INITIATIVES AND BUSINESS STRATEGY ORIENTATION – A CASE STUDY OF TATA SONS PRIVATE LIMITED	434
Anjali Ganesh Sandhya Bhandary S Shamanth Khandige	E-GOVERNANCE AS A MEANS TO EFFECTIVE GOVERNANCE	435
Mohd Fardeen	ANALYZING SUSTAINABLE GREEN BANKING THROUGH BIBLIOMETRIC AND CONTENT APPROACHES	436
Tran Kim Ngan Ly Ngoc Le Bui Hoang Tan	THE AUGUST REVOLUTION IN 1945 IN BAC LIEU PROVINCE EVENTS AND HISTORICAL STATURE	437-447
Musa Alhassan Aliyu Dalha Kankia	MEDIA AND DEMOCRATISATION IN NIGERIA: ROLES, CHALLENGES, AND PROSPECTS	448-455
Tuba ÖZDEMİR ÖGE	PREDICTION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF PC/PBT BLENDS REINFORCED WITH CARBON BASED NANOFILLERS USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS	456-470
Mecit ÖGE	MACHINE LEARNING BASED PREDICTION OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES	471-484
Nahide Elif AŞCI KIYMAZ Betül GÜLGEÇ	DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE PROCESSING AID MASTERBATCH FOR ENHANCING PROCESS EFFICIENCY	485-486
Nahide Elif AŞCI KIYMAZ Hasan ALKAYA	IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH SYNTHETIC FIBERS AND RECYCLED POLYPROPYLENE FIBERS	487-489

Mehmet ZEYBEK Gökhan BİÇER	DOMESTIC PRODUCTION OF ULTRASONIC SONOTRODES FOR THERMOPLASTIC CUTTING	490-491
Mehmet ZEYBEK	MIGRATION BEHAVIOR AND FRICTION PERFORMANCE OF SLIP ADDITIVES IN POLYOLEFIN FILMS: A COMPARATIVE STUDY OF OLEAMIDE AND ERUCAMIDE	492-493
Burak IŞIK Ahmet Mücahit ÇOLAK	HYBRID IIOT-BASED INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND CONTROL SYSTEM IN INDUSTRIAL AUTOMATION (IDAS)	494-495
Burak IŞIK Ali DENİZ Musa ÇELEN	ENSURING THERMO-MECHANICAL STABILITY OF PE LINERS IN INDUSTRIAL HOTMELT APPLICATIONS: AN AUTOMATION-BASED APPROACH	496-497
Ahmed Osmane Khadija Zidan Moustapha Belmouden	SWEET SORGHUM PRODUCTION USING TRICKLING FILTER EFFLUENT: ASSESSING HEALTH AND AGRONOMIC IMPACTS IN SEMI-ARID NORTH AFRICA	498
Ahmed Osmane Khadija Zidan Moustapha Belmouden	HEALTH AND AGRONOMIC IMPACTS OF WASTEWATER-IRRIGATED WHEAT AND BARLEY IN SEMI-ARID NORTH AFRICA : MOROCCO	499
Huma Ikram Shehar Bano Darakhshan Jabeen Haleem	REPURPOSING THE ANTIHYPERTENSIVE DRUG FENFLURAMINE AS AN ANTIEPILEPTIC AGENT	500
Muhammad Kamran Shahid Adeel Fazal-ur-Rehman Mousa Sadeghi-Kiakhani Somayeh Mirnezhad	DYEING OF MORDANTED WOOL YARN WITH BINARY EXTRACT FROM HARMAL SEEDS AND SAFFLOWERS	501
Ahmed Attahiru	FOOD ADDITIVES AND PRESERVATIVES: SAFETY, FUNCTIONALITY, AND REGULATORY CONCERNS	502-507
Samra Benkacem Walid Boultif Youghourta Belhocine	CONVERSION OF SAWDUST INTO BIOFUELS	508-515
Tanzeela Riaz Sana Aslam Matloob Ahmad Muhammad Zubair	STREAMLINED ONE-POT SYNTHESIS OF BIOACTIVE COMPOUNDS WITH SULFUR HETEROCYCLES	516

Ecem Seray DAĞLI Deniz Mertkan GEZGİN	INVESTIGATION OF PRESCHOOL TEACHERS' MOTIVATION LEVELS REGARDING DEMOGRAPHIC AND PROFESSIONAL VARIABLES	517-534
Deniz Mertkan GEZGİN Seda AVCI	EXAMINATION OF TEACHERS' DIGITAL LITERACY LEVELS IN THE ERA OF DIGITALIZATION IN EDUCATION	535-550
M. Süleyman BİRİNCİ Faruk GÖKMEŞE	A THEORETICAL EXAMINATION OF THE CONCEPT OF CRIME IN ITS SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL DIMENSIONS	551-557
Mete Han ARITÜRK	RETHINKING SCIENTIFIC REVOLUTIONS IN THE SHADOW OF POLITICAL REVOLUTIONS	558-559
Alican ÖZER	DISRUPTION OF THE DIGITAL PUBLIC SPHERE: THE IMPACT OF X TROLLS ON JOURNALISM	560-561
İlker KARAÖNDER	CALCULATION OF LOSS OF PROFIT BASED ON THE LICENSE FEE METHOD IN TRADEMARK INFRINGEMENTS IN THE E-COMMERCE ENVIRONMENT	562-567
İlker KARAÖNDER	THE PLACE OF THE RULES OF FARAIZ AND THE TEVSI-I INTIKAL NIZAMNAMELERI IN THE PRACTICE OF TURKISH INHERITANCE LAW	568-569
Ghaleb Rabab'ah Sharif Alghazo Dina El-Dakhs	REFUSALS IN JORDANIAN ARABIC AND CHINESE: A CROSS-CULTURAL PRAGMATIC STUDY OF LANGUAGE AND GENDER	570
Venkata Surya Seshagiri Anumula	GAMIFIED TASK-BASED VOCABULARY ACQUISITION FRAMEWORK: IMPACT ON LEARNING AND MOTIVATION AMONG TERTIARY LEARNERS THROUGH MALL	571
Taoufiq KADRI	GRAMMAR LEARNING IN A1 AND A2 ELE TEXTBOOKS: A DESCRIPTIVE AND DIDACTIC STUDY	572-589
Nadhiya' ULKHAQ	LIFE RHYTHM BEHIND THE SCREEN: HOW SOCIAL MEDIA SHAPES STUDENTS SLEEP PATTERNS	590

Hussaini Hassan Aliyu Umar Dakingari Ibrahim Alhassan Libata	THE IMPACT OF WATER POLLUTION ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF SECONDARY SCHOOL CHEMISTRY STUDENTS: A CASE STUDY IN KONTAGORA LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE	591
Aribisala Oluwadamilare Olufolarin Ismailia Yusuf Olajide Adekola Ramon Abolore Opoola, Adenike Oluwabusayo	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS EDUCATION POLICY AND CURRICULUM DESIGN: A CRITICAL ANALYSIS OF EDUCATIONAL DECISION MAKING PROCESSES	592
Desi SIANIPAR	THEOLOGY OF CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION CURRICULUM IN THE ALGORITHMIC ERA AS THE FOUNDATION OF STUDENTS' DIGITAL CHARACTER	593-599
Cumali TÜRKMENOĞLU Eren ÖRNEK Murat İN	TRANSFORMING ERP WITH SOCIAL MESSAGING: A WHATSAPP-BASED SMART CHATBOT AND AUTOMATION PLATFORM	600-601
İrem Demet ŞENEL	LEAN QUALITY MANAGEMENT: EFFICIENCY AND WASTE REDUCTION	602-607
Tacinur AKÇA	ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY AND INFLATION IN TÜRKİYE	608-615
Mehmet KAPTAN	ANALYSIS OF MARITIME OFFICERS' AWARENESS AND CONFIDENCE LEVELS REGARDING NEXT-GENERATION NAVIGATION TECHNOLOGIES: A CLUSTER AND FACTOR ANALYSIS APPROACH	616-625
Adnan ERDAL Ayşe Nur SANDAL	TAX POLICIES TO BE APPLIED IN THE FIGHT AGAINST INCOME INEQUALITY	626-640
Adnan ERDAL Ayşe Nur SANDAL	EXAMINING THE EFFECTS OF AN AGAING POPULATION ON PUBLIC FINANCES	641-652
Muhammad Ameer Isyraff Hasrul Siti Alyaa Mesarah Budi Nur Liana Mohd Noor Leoh Jin Fu Sharipah Khadijah S.Hashim	EXPLORING THE POTENTIAL OF BETEL LEAVES (PIPER BETLE) IN THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE BEAUTY AND SPA PRODUCTS	653-657

Olufemi I. Adetokun Shuaibu Momoh Mohammed S. Zakari	HEAVY METALS CONTAMINATION AND ITS TOXIC HEALTH EFFECTS IN EDIBLE GREEN LEAF VEGETABLES COLLECTED FROM SELECTED AREAS IN KAURA NAMODA, ZAMFARA STATE NIGERIA	658
Aabdousse Jamal Boulli Abdelali Wahid Nadya Oussif Ilis Salim Nora	DOMESTICATION EFFECTS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THYMUS ESSENTIAL OILS IN MOROCCO	659
Chokri BAYOUDH Hedil GAAYA Afifa MAJDOUB Taoufik BETTAIEB	PRELIMINARY TRIALS OF OPTIMIZING IN VITRO PROPAGATION OF THE HYBRID PISTACHIO ROOTSTOCK UCB-1 (PISTACIA ATLANTICA X PISTACIA INTEGERRIMA) BY BIOREACTORS	660
Muhammad Bilal Hussain Marwa Waheed Mahjabeen Ejaz Ali Ikram	ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN QUALITY CONTROL OF FOOD	661
Marwa Waheed Muhammad Bilal Hussain	ROLE OF DIETARY FIBER IN FUNCTIONAL FOOD: HEALTH BENEFITS BEYOND DIGESTION	662
Nihal YAMAN Özgül ÖZDESTAN OCAK	OPTIMIZATION AND STORAGE STABILITY OF BEESWAX-BASED OLEOGELS STRUCTURED WITH OLIVE OIL AND LEMON ESSENTIAL OIL: CHANGES IN α-TOCOPHEROL AND LIMONENE	663-684
Nisa GÜLER Neval TOPCU ALTINCI	THE EFFECT OF BORIC ACID APPLICATIONS ON GRAPE QUALITY AND LEAF NUTRIENT CONTENT IN GRAPEVINES HARVESTING EDIBLE LEAVES	685-694
Aybike YILMAZ TEKİN Zeki BAYRAMOĞLU	SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND THEIR EFFECTS ON NUTRITIONAL HABITS IN HUMAN RELATIONSHIPS	695-723
Ömer YÜZER	STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT OF THE AGRICULTURAL PEST BEMISIA TABACI AND INTEGRATED PEST MANAGEMENT (IPM)	724-736
Ömer YÜZER Ersin DOĞAÇ Alper TONGUÇ	ASSESSMENT OF PYRETHROID RESISTANCE IN BEMISIA TABACI POPULATIONS ACROSS TÜRKİYE	737-738

Yelderem AKHOUNDNEJAD	MECHANISMS OF ABIOTIC STRESS TOLERANCE IN TOMATO	739-749
Yelderem AKHOUNDNEJAD	DEFENSE MECHANISMS AGAINST SALT STRESS IN TOMATO PLANT	750-764
Gülsüme BIÇAKCI	ADVANCES IN PROBIOTIC MICROENCAPSULATION FOR FERMENTED MEAT PRODUCTS: INNOVATIVE APPROACHES AND APPLICATIONS	765-776
Burcu YEŞİLBUDAK	A COMPARATIVE STUDY OF THE RISK LEVEL OF HEAVY METAL EXPOSURE FROM POTENTIAL CONSUMPTION OF IMPRESSIONALLY METAL-LOADED FRESHWATER FISH SPECIES	777-783
Yeşim AKTÜRK DİZMAN	COMPARATIVE ANALYSIS OF CODON USAGE BIAS AND HOST ADAPTATION IN DNA POLYMERASE GENES OF BACULOVIRUSES	784-785
Ercüment ÇOLAK Perinçek Seçkinozan ŞEKER Engin SELVİ Teoman KANKILIÇ Reyhan ÇOLAK Nuri YİĞİT	GENETIC STRUCTURE OF Glis glis POPULATIONS IN TÜRKİYE BASED ON COI GENE SEQUENCES	786-787
Elisa Gül ÇİL Özgül DOĞAN Mahir BUDAK Ertan Mahir KORKMAZ	GENOME ARCHITECTURE OF EURYTOMA PISTACINA (HYMENOPTERA: EURYTOMIDAE): A GROWING GENOME INFLATION	788-798
Zekiye ŞENGÜL ABEDI	SANCTION-SHOCK INDUCED ASYMMETRIC MARKET INTEGRATION IN TÜRKİYE, IRAN, AND UNITED STATES PISTACHIO EXPORT PRICES: A VECM-BASED ANALYSIS	799-816
Ayşe AKYÜZ	SATELLITE-BASED MONITORING OF WHEAT WATER CONSUMPTION	817
Burak AKYÜZ Ayşe AKYÜZ	AI APPROACHES FOR ASSESSING STRESS RESPONSES OF CHESTNUT UNDER WATERLOGGING	818-819
Yağmur ATEŞ Ülviye HACIZADE	REVIEW OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS USED IN CORPORATE VALUATION	820-821

Hüseyin DURAN	CURRENT STATUS AND FUTURE TRENDS IN COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND HARDWARE INFRASTRUCTURE IN UNMANNED SURFACE VEHICLE SYSTEMS	822-830
Hüseyin DURAN	USE AND EFFECT OF DIFFERENT BODY TYPES AND MATERIAL STRUCTURES IN UNMANNED SURFACE VEHICLES	831-838
Yeserra HIZLIOĞLU Sertaç ERMAN	FROM MITTAG-LEFFLER FUNCTIONS TO MACHINE LEARNING: A NEW ACTIVATION APPROACH FOR TIME SERIES PREDICTION	839-848
Fatma Şenay DEMİREL YEŞİLMEŞE	THE ROLE AND IMPORTANCE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND REMOTE SENSING (RS) TECHNIQUES IN DETERMINING EMERGENCY ACTION PLANS	849-853
Abdurrahman KESKİN Özlem AKÇAKOCA Mihriban ÖZDEMİR	OPTIMIZING HEALTHCARE RESOURCES THROUGH APPOINTMENT ATTENDANCE PREDICTION AND REAL TIME MODEL DRIFT MANAGEMENT	854
Özlem AKÇAKOCA Abdurrahman KESKİN Mihriban ÖZDEMİR	ENHANCING CUSTOMER SATISFACTION AND EMPLOYEE PERFORMANCE VIA AI-BASED TEXT ANALYTICS IN SUPPORT SYSTEMS	855
Nour El Houda, FETHELLAH Salah Ahmed Ghaleb, MOHAMMED	COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS WITH AHP-DERIVED WEIGHTS FOR HOTEL RECOMMENDATION SYSTEMS	856
Dorra TURKI	CLIMATE VULNERABILITY AND MONETARY POLICY: AN AUGMENTED TAYLOR RULE APPROACH	857
Phan Vinh An Dang Hoang Xuan Huy	THE COLLABORATION BLUEPRINT: A MANAGERIAL GUIDE TO FORGING EFFECTIVE SCHOOL-ENTERPRISE PARTNERSHIPS IN TOURISM IN VIETNAM	858-866
Muhammad Imran	ACCEPTANCE OF DIGITAL VOICE ASSISTANTS IN PAKISTAN: A SERVICE ROBOT ACCEPTANCE MODEL PERSPECTIVE	867

Praveen Kakada	THE INTERPLAY OF ORGANIZATIONAL CULTURE AND INNOVATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW	868-874
RAHMOUNI Hanane	PROFESSIONAL INVOLVEMENT IN UNIVERSITY HIGHER EDUCATION	875
Osamah Mohammed Jasim	A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL MANAGEMENT PRACTICES IN IRAQI UNIVERSITIES IMPLEMENTING HEPIQ	876-886
Nguyen The Long Nguyen Thu Huong Shmeleva Anna G Pham Van Kien Nguyen Minh Tuong	APPLICATION OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR FLOOD FORECASTING IN VIETNAM	887-888
Mehmet Ali AKKAYA	LIBRARY EMPLOYEES' ATTITUDES TOWARDS ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES: A STUDY ON MUNICIPALITIES IN IZMIR	889-909
Fatima Zahra ZNAKI Khalid. SAID Jihane ZNAKI Mohamed ADADI Hassane MOUSTABCHIR Souad ELKHATTABI	NUMERICAL MODELING AND PERFORMANCE OPTIMIZATION OF STABLE LEAD-FREE PEROVSKITE SOLAR CELLS	910
Jihane ZNAKI Fatima Zahra ZNAKI Khalid. SAID Mohamed ADADI Hassane MOUSTABCHIR Souad ELKHATTABI	PRESSURE-INDUCED BANDGAP ENGINEERING OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITE : A DFT INSIGHT	911
Benabdellah Yagoubi	GEOMETRIC APPROACH TO THE GRADIENT FOR ANN TRAINING	912
Lamia Berkane Ghania Ahmed Mohammed Sadok Derki Chikha Maria Manel Azzi Dalal Doudi	TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF DELTAMETHRIN ON BIOCHEMICAL AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN MALE RATS	913
Juel Jarani Andi Spahi	EXPLORING THE RELATIONSHIP OF BMI AND WAIST CIRCUMFERENCE AS INDICATORS OF CHILDHOOD OBESITY IN TIRANA	914
Thanh-Dung Nguyen Mai-Anh Nguyen Mai-Lan Phan	EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY AND CHARACTERIZATION OF THE BIOACTIVE SECONDARY METABOLITES PRODUCED BY Bacillus velezensis SB4R5 AGAINST Escherichia coli AND Staphylococcus aureus	915

Mohammed Cheurfa Abdallah Noui N.I Kessairi B. Takherisste A. Meklati	PHYTOCHEMICAL ANALYSIS AND GASTROPROTECTIVE POTENTIAL OF PUNICA GRANATUM L. LEAF EXTRACTS: IN VITRO STUDY	916
Ballaoui Mouad	THE STUDY OF FUNGAL SPECIES CHARACTERIZING FIG TREES	917
Thenmozhi . M	ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF ETHANOLIC EXTRACT OF SCHEFFLERA ARBORICOLA SEEDS	918-923

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

OTİZMLİ ÇOCUK VE AİLELERİNE DUYARLI BAKIM VERMEK: SAĞLIK ÇALIŞANLARI İÇİN QR KODLU BİLGİLENDİRME BROŞÜRÜ

Öğr. Gör. Dr. Tuğçe KOLUKISA
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Şefik Yılmaz Dizdar Meslek Yüksekokulu
ORCID: 0000-0002-5114-9951

Dr. Öğr. Üyesi Elif ERBAY
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID: 0000-0003-3843-4691

Prof. Dr. Nursan ÇINAR
Nursan ÇINAR, Sakarya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID: 0000-0003-3151-9975

ÖZET
Otizm spektrum bozukluğu (OSB), 195 ülke ve bölgede beş yaşından küçük çocuklar arasında ilk beş gelişimsel engel içerisinde yer almaktadır. Hastalıkları Önleme ve Kontrol Merkezinin (CDC) verilerine göre Amerika Birleşik Devletleri'nin 11 eyaletinde her 36 çocuktan 1'inde OSB görülmektedir. Türkiye'de ise Otizm kayıtlarına dayalı sağlıklı istatistikler olmamasına rağmen, Otizm Türkiye platformunun önceki yıllarda öngördüğü verilere göre, tahmini 550 bin otizmli çocuğun bulunduğu, 0-14 yaş grubunda 150 bin civarı OSB tanısı almış çocuk olduğu varsayılmaktadır.
OSB'li çocukların sağlık hizmetlerini kullanma olasılıkları OSB'li olmayan çocuklara göre daha yüksektir. Hastanelerin genellikle gürültülü ve aydınlık olması, insanların hızlı hareket etmesi, tanınmayan birçok kişi varlığı ve uzun bekleme süreleri, OSB'li çocuklar için aşırı duyusal bir yük oluşturabilir. Yaygınlıktaki artış ve yüksek tıbbi komorbidite oranları ile sağlık hizmeti sağlayıcıları ve bakım sistemlerinin OSB'li çocukların tıbbi ihtiyaçlarını karşılaması giderek daha önemli hale gelmiştir. Fakat sağlık çalışanlarının otizmli çocuklara yaklaşım konusunda yetersizlik yaşadığı ebeveynlerin sağlık çalışanlarının anlayışsızlıklarını ve empati eksikliğini vurguladığı görülmektedir. Bununla birlikte, sağlık çalışanlarının OSB hakkındaki bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu göze çarpmaktadır. Dolayısıyla sağlık çalışanlarının OSB'li çocuk ve ailesine yaklaşımda farkındalığa ve bilgi seviyelerinin yükselmesine ihtiyacı olduğu dikkat çekmektedir. Sağlık çalışanlarının her an ulaşabilecekleri QR kodlu bilgilendirme ile OSB'li çocuk ve ailesine yaklaşımda daha az sorun yaşayacakları düşünülmektedir. Sağlık çalışanları QR kod okutup ilgili eğitim modülüne ulaşabilecektir. Model, uygun teknoloji ile desteklendiğinde sağlık profesyonellerin otizmli çocukların hastane sürecinde daha etkin rol oynayabilecek, çocuk ve ailenin memnuniyet oranları artacaktır.
Anahtar Kelimeler: Otizm spektrum bozukluğu, sağlık bakım hizmeti, çocuk hemşiresi.

PROVIDING SENSITIVE CARE FOR CHILDREN WITH AUTISM AND THEIR FAMILIES: AN INFORMATIONAL QR-CODE BROCHURE FOR HEALTHCARE PROFESSIONALS

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) is among the top five developmental disabilities in children under the age of five across 195 countries and regions. According to data from the Centers for Disease Control and Prevention, one in every 36 children in 11 U.S. states has ASD. Although reliable national statistics based on autism registries are not available in Turkey, estimates from the Autism Turkey platform suggest that there are approximately 550,000 children with autism, of whom nearly 150,000 aged 0–14 years have been diagnosed with ASD.

Children with ASD are more likely to use healthcare services compared to their peers without ASD. However, hospitals often noisy, brightly lit, crowded with unfamiliar people, and associated with long waiting times can present overwhelming sensory challenges. With the rising prevalence of ASD and the high rate of medical comorbidities, meeting the healthcare needs of children with ASD has become increasingly important. However, healthcare professionals are often reported to face challenges in approaching children with autism, with parents highlighting their perceived lack of understanding and empathy. Overstimulating hospital environments and insufficient knowledge about ASD among healthcare staff further exacerbate these problems.

Therefore, improving healthcare professionals' awareness and knowledge regarding the care of children with ASD and their families is essential. Providing easily accessible information through QR-coded educational materials may help reduce challenges during clinical encounters. By scanning the QR code, healthcare professionals can immediately access training modules. Supported with appropriate technology, this model may enable healthcare professionals to play a more effective role in the hospital experiences of children with autism, while also increasing satisfaction for both the child and the family.

Keywords: Autism spectrum disorder, healthcare services, pediatric nursing**.**

GİRİŞ

Amerikan Psikiyatri Birliği tarafından yayımlanan Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve Sayımsal El Kitabı (DSM-5)'ne göre, Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB) erken çocukluk döneminde ortaya çıkan; sosyal etkileşimde güçlükler, sözel ve sözel olmayan iletişimde yetersizlikler, sınırlı ilgi alanları ve tekrarlayıcı davranışlarla karakterize, nörolojik temelli bir gelişimsel bozukluktur (APA, 2013). Benzer şekilde Hastalıkların Uluslararası Sınıflandırması-11 (ICD-11) de OSB'yi; karşılıklı sosyal etkileşimi ve iletişimi başlatma ya da sürdürmede kalıcı yetersizlikler ile yaşa ve sosyokültürel bağlama göre belirgin şekilde atipik, aşırı, sınırlı, tekrarlayıcı ve esnek olmayan davranış, ilgi ya da etkinlik örüntüleriyle tanımlanan bir bozukluk olarak açıklamaktadır.

OSB, dünya genelinde 195 ülke ve bölgede beş yaş altı çocuklar arasında görülen en yaygın beş gelişimsel yetersizlikten biri olarak bildirilmektedir (Vos ve ark., 2016). Hastalıkları Kontrol ve Önleme Merkezi'nin (CDC, 2021) verilerine göre ise Amerika Birleşik Devletleri'nin 11 eyaletinde her 36 çocuktan biri OSB tanısı almaktadır. Türkiye'de ise otizmle ilgili güncel ve kapsamlı istatistiksel veriler bulunmamakla birlikte, Otizm Türkiye platformunun geçmiş yıllarda yayımladığı tahminlere göre, ülkede yaklaşık 550 bin otizmli çocuk bulunmakta olup, bunların yaklaşık 150 bininin 0–14 yaş grubunda OSB tanısı aldığı bildirilmektedir (ODFED, 2018).

OSB'Lİ ÇOCUKLARDA SAĞLIK SORUNLARI VE HOSPİTALİZASYON

OSB'li çocukların genellikle eşlik eden sağlık bakım gereksinimleri bulunmaktadır. Bu çocuklarda nöbetler, çevresel alerjiler, gastrointestinal sorunlar, cilt hastalıkları (örneğin egzama), kulak ve solunum yolu enfeksiyonları, psikiyatrik-davranışsal problemler ve zaman zaman zihinsel yetersizlikler görülebilmektedir (Liptak ve ark., 2006; Kohane ve ark., 2012). Bu sağlık sorunları, hastaneye yatış gereksinimini artırabilmektedir. Yapılan araştırmalar, OSB tanısı olan bireylerde, kendine zarar verme, sözlü veya fiziksel saldırganlık ve duygudurum bozuklukları gibi ruhsal ve davranışsal sorunlar nedeniyle hastaneye yatış oranlarının, OSB tanısı bulunmayan bireylere kıyasla yaklaşık iki kat daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (McMaughan ve ark., 2023; Rast ve ark., 2022; Vasa ve ark., 2020). Ayrıca, OSB'li çocukların bozukluğu olmayan çocuklara kıyasla 1,5 kat daha uzun süre hastanede kaldıkları (Lokhandwala ve ark., 2012) ve acil ya da rutin başvurular dahil olmak üzere sağlık hizmetlerini daha fazla kullandıkları bildirilmektedir (Gurney ve ark., 2006). Hastaneler, OSB'li bireyler için erişilebilirliğin geliştirilmesi gereken temel sağlık ortamlarından biridir (Bishop-Fitzpatrick & Kind, 2017). Bununla birlikte hastaneye yatış süreci, otizmin doğasında var olan karmaşıklıklar nedeniyle bu bireyler için oldukça güçtür; savunmasızlık hissi, kaygı ve duyusal aşırı yüklenmeye yol açarak zorlu davranışların artmasına neden olabilmektedir (Muskat ve ark., 2015; Wood ve ark., 2019). Hastane ortamlarının genellikle gürültülü ve yoğun ışıklı olması, insanların hızlı hareket etmesi, çok sayıda yabancı kişinin varlığı ve uzun bekleme süreleri, OSB'li çocuklar için bu duyusal aşırı yükü artırabilmektedir (Bultas, 2012). Bu tür stresörlere maruz kalındığında, OSB'li çocuklarda saldırgan davranışların ortaya çıkması sık rastlanan bir durumdur. Sonuç olarak tedaviler zorlaşmakta veya gecikmekte, ebeveyn ve çocuk açısından kaygı artmakta, işlem süreleri uzamakta, sağlık hizmeti maliyetleri yükselmekte ve daha olumsuz sağlık sonuçları ortaya çıkabilmektedir (Croen ve ark., 2006; Liptak ve ark., 2006; Lokhandwala ve ark., 2012). Çocuklar acil servise giriş yaptıkları andan itibaren parlak ışıklar, yüksek ve alışılmadık sesler, yoğun kokular, yeni dokunsal uyaranlar ve kişilerarası etkileşimlerle karşılaşmakta; bu durum rutin değişiklikler, yabancılar ve klinisyenlerle fiziksel temas nedeniyle aşırı uyarılmış hissetmelerine yol açabilmektedir (Giarelli ve ark., 2014). Özellikle ajitasyon öyküsü ve belgelenmiş duyusal hassasiyetleri olan OSB'li çocukların, hastanede yatış sırasında ajitasyon risklerinin arttığı belirtilmektedir (Hazen ve ark., 2020). Ayrıca otizmin temel özelliklerinden biri olan duyusal uyaranlara aşırı duyarlılık, tansiyon manşeti, damar yolu açılması ve nabız takibi gibi rutin tıbbi ekipman ve prosedürlerin tolere edilmesini de güçleştirebilmektedir (Broder-Fingert ve ark., 2016).

OSB'YE SAĞLIK ÇALIŞANLARI PERSPEKTİFİNDEN BAKIŞ

OSB'li bireyler ile genel nüfus arasında ciddi sağlık eşitsizlikleri (otizme özgü bilgi ve eğitim eksikliği, damgalama ve yargılama vb.) bulunduğu bildirilmektedir (Hwang ve ark., 2019; Davenport ve ark., 2025). Bu eşitsizlikler, sağlık hizmetlerine erişimde zaten var olan güçlükleri daha da pekiştirmekte ve OSB'li bireylerin çeşitli sağlık kurumlarında yeterli düzeyde bakım almasını zorlaştırmaktadır (Calleja ve ark., 2022; Malik-Soni ve ark., 2022; O'Hagan ve ark., 2023). OSB'li çocuğa sahip ailelerin sağlık hizmetlerinden memnuniyetini de büyük ölçüde sağlık hizmeti sağlayıcılarının bu çocuklara yönelik yaklaşım ve davranışları belirlemektedir (Wilson ve Peterson, 2018; Kirsch ve ark., 2018). OSB'li çocukların ebeveynleri sağlık hizmetine başvurduklarında, sıklıkla çocuklarının aldığı bakımın yeterli olmadığını ifade etmektedir (Gardner ve ark., 2016; Pratt ve ark., 2012; Zwaigenbaum ve ark., 2016).

Ebeveynler, otizmli bireylerin hastane deneyimlerini gözlemleyici bir bakış açısıyla değerlendirmekte ve bakım ile iletişim süreçlerinde uyarlamalara olan ihtiyacın önemini sıkça vurgulamaktadır (Greenwood ve ark., 2024). Araştırmalar, her beş ebeveynden birinin sağlık personelinin hastayla yeterli düzeyde etkileşim kurmadığını gözlemlediğini ve otizmli bireylerle iletişimde küçümseyici veya görmezden gelen bir tutum yerine, olağan ve saygılı bir iletişim biçiminin benimsenmesi gerektiğini göstermektedir (Garrick ve ark., 2021; Taghizadeh ve ark., 2019). Sağlık hizmeti sağlayıcıları, OSB'li çocuklara bakım sunarken genellikle zorluk yaşamakta ve bu bireylerle etkili iletişim kurabilmek için sınırlı stratejiye sahip olduklarını belirtmektedirler (Cheak-Zamora & Teti, 2015; Davignon ve ark., 2014; McGonigle ve ark., 2014; Morris ve ark., 2019). Boshoff ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, ebeveynlerin sağlık çalışanlarının anlayışsızlıklarını ve empati eksikliğini vurguladıkları ortaya konulmuştur. Ayrıca, çeşitli çalışmalarda sağlık çalışanlarının OSB konusundaki bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu görülmektedir (Gerçek, Çelikkol Sadıç ve Kara, 2024; Sakızcı & Alvur, 2024; Akdağ, 2023; Zengin & Köse, 2024).

Sağlık profesyonellerinin bilgi eksikliği ve OSB'li çocuklar ile ailelerine yönelik bakım uygulamalarında yeterince hazırlıklı olmamaları, bakım kalitesini olumsuz etkileyebilmekte ve çocukların uzman sağlık hizmetlerine erişimini geciktirebilmektedir (Boshoff ve ark., 2019; Bonfim ve ark., 2020; Myers ve ark., 2021). Bu alanda bakımı kolaylaştıran faktörler arasında uygulayıcı bilgisinin ve esnekliğinin artırılması, ebeveynin bir uzman olarak kabul edilmesi, davranışsal desteklerin kullanımı (ör. görsel yardımcılar, pekiştirme teknikleri), duyusal desteklerin sağlanması (ör. ağırlıklı battaniyeler, gürültü önleyici kulaklıklar) ve ebeveynin hazırlığı ve savunuculuğu yer almaktadır. Öte yandan zorluklar arasında çocukların davranışsal tepkileri ve personel arasındaki iletişim ve anlayış eksiklikleri öne çıkmaktadır (Wilson & Peterson, 2018). Araştırmalar, tüm hastane personelinin OSB'li bireylerin heterojen doğasını anlaması ve hastane deneyimlerini iyileştirmek için zorlukları azaltma yollarının farkında olması gerektiğini ortaya koymaktadır (Gupta ve ark., 2019; Maloret & Scott, 2018; Nicholas ve ark., 2016a). Kolukısa ve Çınar (2025) tarafından yürütülen araştırma da, OSB'li çocuğa sahip annelerin özellikle hemşireler başta olmak üzere sağlık çalışanlarına, çocuklarını tanıma ve anlama, farklılıklara duyarlı bakım yaklaşımı geliştirme ve konuya ilişkin eğitim alma yönünde önerilerde bulunduklarını ortaya koymaktadır.

SAĞLIK HİZMETİ ORTAMINDA OSB'Lİ ÇOCUK VE AİLESİNE YAKLAŞIMDA ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

OSB'li çocuk ve ailesinin sağlık hizmeti ortamında konforlu iletişim ve kaliteli bakım alması için sağlık profesyonellerinin, otizm dostu bir bakım yaklaşımı geliştirebilmek adına OSB konusunda kapsamlı bilgiye, farkındalığa ve anlayışa sahip olmaları gerekmektedir (Nicholas ve ark., 2016a,b, 2020). Ayrıca, hastane çalışanlarının saldırgan davranışları tetikleyebilecek unsurları önceden bilmesi, çocuğun tedavi sürecine uyumunu kolaylaştırabilir; aynı zamanda kendine zarar verme davranışlarını azaltarak hem çocuk hem de sağlık personeli açısından güvenliği artırabilir (Johnson, 2012). Kanıtlar, OSB'li çocukların sağlık hizmeti deneyimlerini iyileştirmek ve tedavi sonuçlarını geliştirmek için tıbbi, davranışsal ve duyusal ihtiyaçların bütüncül biçimde ele alındığı multidisipliner bir yaklaşımın gerekli olduğunu ortaya koymaktadır (Al-Beltagi ve ark., 2025). Bu noktada aile merkezli bakım yaklaşımı, sağlık ekibinin çocukların özgün gereksinimlerini en uygun şekilde karşılamasına imkân tanır. Çünkü aileler, çocuklarının tetikleyicilerini ve en etkili iletişim yöntemlerini kolaylıkla belirleyebilir; aynı zamanda çocuğun kaygısını azaltacak ve tedavi planına uyumunu kolaylaştıracak kritik bilgileri hemşirelerle paylaşabilir (Giarelli, 2012).

Hemşirelerin, OSB'li çocukların hastane ortamında yaşadığı özgün deneyimleri ve karşılaştıkları zorlukları anlamaları, bakım kalitesinin artırılması ve hastane deneyimlerinin daha olumlu hâle getirilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Greenwood ve ark., 2024). Aile merkezli bakım uygulayan pediatri hemşiresi, hangi durumların çocuğun kaygısını artırdığını sorgulamalı ve özellikle dokunma, ses, koku, görme, tat ya da besinlerle ilgili duyusal hassasiyetlerin var olup olmadığını aileyle iş birliği içinde değerlendirmelidir. Çocuğu rahatsız eden faktörlerin belirlenmesi, onun hastane sürecinde mümkün olduğunca konforlu hissetmesine katkı sağlayacaktır (Jolly, 2015). Ayrıca OSB'li çocuklara bakım veren hemşirelerin ve diğer sağlık profesyonellerinin, uygulanan terapi yöntemlerine ilişkin temel ilke ve teknikler konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahip olmaları gerekmektedir (Dur ve Mutlu, 2018). Örneğin, dokunulmak veya kucaklanmaktan hoşlanmayan birçok OSB'li çocuğun müzik ve ritmik sallanma davranışlarına karşı yüksek ilgi gösterdiği bilinmektedir (Pektaş, 2016).

SAĞLIK PROFESYONELLERİ İÇİN BİR EĞİTİM YÖNTEMİ: QR KODLU BROŞÜR

Sağlık çalışanlarının OSB'li çocuk ve ailelerine yaklaşımda farkındalıklarının ve bilgi seviyelerinin artırılmasının bir ihtiyaç olduğu açıktır. Sağlık profesyonellerinin, özellikle de hemşirelerin lisans eğitimleri sırasında ders müfredatında otizm konusuna yer verilmesi, ASM'nde çalışan sağlık profesyonellerinin otizm ile ilgili erken tanı koyabilme yetkinliğini kazanabilmeleri için yıl içinde belirli aralıklarla otizm konusunda hizmet içi eğitimlerin düzenlenmesi farkındalığı artırmak için önemlidir. OSB konusunda kongre/konferans/seminerlere katılmak da sağlık profesyonellerinin konu hakkındaki bilgi ve farkındalıklarını artırmada faydalı olacaktır (Tamur ve Şen Celasin, 2022). Okul öncesi öğretmenlerini içeren bir çalışmada ise katılımcılara verilen interaktif katılımlı video destekli eğitimin OSB konusundaki bilgi ve farkındalığı artırdığı tespit edilmiştir (Kara ve Demirtaş, 2020). Video destekli eğitimlerin haricinde okuyarak, internet tabanlı veya konuşmacı/eğitmen (Kelly, Hasset-Walker, 2016) ve Powerpoint-etkinlikler kombinasyonu paket programları (Ashworth and Tully, 2017) ile OSB konusunda farkındalıkların ve bilgi seviyelerinin olumlu yönde değişebileceğini söylemek mümkündür. Günümüzde mobil teknolojilerin artması ile elektronik öğrenme (e-öğrenme) önemli hale gelmiştir. Bu e-öğrenme yöntemlerinden biri de 'Quick Response-Hızlı Cevap (QR) kod'dur (Satır ve Kızılkaya Beji, 2021). QR kodu, bir mobil cihaz kullanılarak taranan ve kullanıcının bir web adresi girmeden doğrudan bir web sitesine bağlanmasını sağlayan iki boyutlu bir barkod türüdür (Park, Lee, Yun, 2019). QR kod görsel veri şifreleme yöntemidir. Eğitimde QR kodlar gerçek dünya ve dijital dünya arasında köprü görevi görmektedir (Dönmez Usta, Turan Güntepe, 2019). Zaman ve mekan sınırını ortadan kaldırarak öğrenen ve eğitici arasındaki iletişimi sınıf dışına taşır (Lin, Yang, Lai, 2017). QR kodların, uygulama ile ilgili rehber ve yönergelere ulaşma, beceri gerçekleştirme ya da cihaz/malzeme kullanımı hakkında bilgiye ulaşmak amacıyla kullanıldığı bildirilmiştir (Del Rosario-Raymundo, 2017; Upton, Olsson-Brown, Marshall, Sacco, 2017). QR kod ile; simüle edilen hasta ve ilaç gereksinimlerinin belirlenmesi, interaktif, kişiselleştirilmiş hasta veya sağlık hizmeti sağlayıcı kaynak kılavuzlarının oluşturulması, simülasyon tabanlı bir kardiyopulmoner resüsitasyon performans liderlik tablosunun oluşturulması, öğrencilerin kullanacakları ekipmanların kılavuzlarının yapıştırılması gibi bilgilendirme amacı taşıyan girişimlerin yapıldığı çalışmalara rastlanmıştır (Bokowski ve diğerleri, 2016; Bellot ve diğerleri, 2015; Chang ve diğerleri, 2018; Downer ve diğerleri, 2016).

Yapılan bir çalışmada, klinik yönergeler ve politikalar için QR kodları oluşturulduğu ve hemşirelerin erişimi için tam zamanında öğrenme paradigmasının bir parçası olarak bir klinikte ilgili yerlere yerleştirildiği karşımıza çıkmaktadır (Jamu et al., 2016). Hemşirelerle yürütülen bir çalışmada, yeni bir cihaza yönelik QR kod destekli hizmet içi eğitimin hemşirelik yetkinliğini artırdığı belirlenmiştir (Scott ve diğerleri, 2024).

SONUÇ

QR kod teknolojisinin benimsenmesi, hastalar ve profesyoneller için etkili faydalar sağlamaktadır. Sağlık eğitiminde QR kodlarının kullanımının giderek arttığı ve bilgiye erişim kolaylığı gibi bazı avantajlar sağladığı göze çarpmaktadır. QR kodlu bilgilendirme sistemi ile sağlık çalışanlarının her an gerekli eğitim modülüne erişebilmesi, OSB'li çocuk ve ailelerine yaklaşım sırasında karşılaşılan güçlükleri azaltabilir. Uygun teknoloji desteğiyle bu model, sağlık profesyonellerinin OSB'li çocukların hastane sürecinde daha etkili rol almasını sağlarken, çocuk ve ailelerin memnuniyet düzeylerini de artıracaktır.

KAYNAKLAR

Al-Beltagi, M., Saeed, N. K., Bediwy, A. S., Alhawamdeh, R., & Elbeltagi, R. (2025). Management of critical care emergencies in children with autism spectrum disorder. World Journal of Critical Care Medicine, 14(2).

APA. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). American Psychiatric Association.

Ashworth, S., & Tully, R. J. (2017). Autism awareness training for youth offending team staff members. Advances in Autism, 3(4), 240–249.

Bellot, J., Shaffer, K., & Wang, M. (2015). Use of quick response coding to create interactive patient and provider resources. Journal of Nursing Education, 54(4), 224–227. https://doi.org/10.3928/01484834-20150318-07.21.

Bishop-Fitzpatrick, L., & Kind, A. J. H. (2017). A scoping review of health disparities in autism spectrum disorder. Journal of Autism and Developmental Disorders, 47(11), 3380–3391. https://doi.org/10.1007/s10803-017-3251-9.

Bonfim, T. A., Giacon-Arruda, B. C. C., Hermes-Uliana, C., & Galera, S. A. F., Marcheti, M. A. (2020). Family experiences in discovering autism spectrum disorder: Implications for family nursing. Revista Brasileira de Enfermagem, 73(Suppl 6), e20190489. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0489.

Boshoff, K., Gibbs, D., Phillips, R. L., Wiles, L., & Porter, L. (2019). A metasynthesis of how parents of children with autism describe their experience of advocating for their children during the process of diagnosis. Health & Social Care in the Community, 27(e143–e157). https://doi.org/10.1111/hsc.12691.

Broder-Fingert, S., Shui, A., Ferrone, C., Iannuzzi, D., Cheng, E. R., Giauque, A., Connors, S., McDougle, C. J., Donelan, K., Neumeyer, A., & Kuhlthau, K. (2016). A pilot study of autism-specific care plans during hospital admission. Pediatrics, 137(2), e20152851. https://doi.org/10.1542/peds.2015-2851.

Bukowski, M., Kühn, M., Zhao, X., Bettermann, R., & Jonas, S. (2016). Gamification of clinical routine: The Dr. Fill approach. Studies in Health Technology and Informatics, 225, 262–266. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27332203.

Bultas, M. W. (2012). The health care experiences of the preschool child with autism. Journal of Pediatric Nursing, 27(5), 460–470. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2011.05.005.

Calleja, S., Kingsley, J., Amirul Islam, F. M., & McDonald, R. (2022). Barriers to accessing healthcare: Perspectives from autistic adults and carers. Qualitative Health Research, 32(2), 267–278. https://doi.org/10.1177/10497323211050362.

Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (2021). Autism spectrum disorders: Data and statistics. Retrieved February 20, 2025, from https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html.

Chang, T. P., Doughty, C. B., Mitchell, D., Rutledge, C., Auerbach, M. A., Frisell, K., et al. (2018). Leveraging quick response code technology to facilitate simulation-based leaderboard competition. Simulation in Healthcare. https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000281.

Cheak-Zamora, N. C., & Teti, M. (2015). "You think it's hard now… It gets much harder for our children": Youth with autism and their caregiver's perspective of health care transition services. Autism, 19(8), 992–1001. https://doi.org/10.1177/1362361314558279.

Croen, L. A., Najjar, D. V., Ray, G. T., Lotspeich, L., & Bernal, P. (2006). A comparison of health care utilization and costs of children with and without autism spectrum disorders in a large group-model health plan. Pediatrics, 118(4), e1203–e1211. https://doi.org/10.1542/peds.2006-0127.

Davignon, M. N., Friedlaender, E., Cronholm, P. F., Paciotti, B., & Levy, S. E. (2014). Parent and provider perspectives on procedural care for children with autism spectrum disorders. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 35(3), 207–215. https://doi.org/10.1177/1362361315621520.

Davenport, S. C. G., Alshawsh, M., Lee, C., Garrick, A., Brignell, A., Ure, A., & Johnson, B. P. (2025). The meaning of autism friendly in hospital settings: A scoping review of the autism community's perspectives. Journal of Autism and Developmental Disorders, 1–16.

Del Rosario-Raymundo, M. R. (2017). QR codes as mobile learning tools for labor room nurses at the San Pablo colleges medical center. Interactive Technology and Smart Education, 14(2), 138–158. https://doi.org/10.1108/ITSE-02-2017-0015

Giarelli, E., & Gardner, M. R. (2012). Nursing of autism spectrum disorder. New York, NY: Springer Publishing Co.

Giarelli, E., Nocera, R., Turchi, R., Hardie, T., Pagano, R., & Ce, Y. (2014). Sensory stimuli as obstacles to emergency care for children with autism spectrum disorder. Advanced Emergency Nursing Journal, 36(2), 145–163.

Greenwood, E., Cooklin, A., Barbaro, J., & Miller, C. (2024). Autistic patients' experiences of the hospital setting: A scoping review. Journal of Advanced Nursing, 80(3), 908–923.

Gurney, J. G., McPheeters, M. L., & Davis, M. M. (2006). Parental report of health conditions and health care use among children with and without autism: National survey of children's health. Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 160(8), 825–830.

Gupta, N., Brown, C., Deneke, J., Maha, J., & Kong, M. (2019). Utilization of a novel pathway in a tertiary pediatric hospital to meet the sensory needs of acutely ill pediatric patients. Frontiers in Pediatrics, 7, 367. https://doi.org/10.3389/fped.2019.00367.

Hazen, E. P., Ravichandran, C., Rao Hureau, A., O'Rourke, J., Madva, E., & McDougle, C. J. (2020). Agitation in patients with autism spectrum disorder admitted to inpatient pediatric medical units. Pediatrics, 145(Suppl 1), S108–S116. https://doi.org/10.1542/peds.2019-1895N.

Hwang, Y. I. J., Srasuebkul, P., Foley, K. R., Arnold, S., & Trollor, J. N. (2019). Mortality and cause of death of Australians on the autism spectrum. Autism Research, 12(5), 806–815. https://doi.org/10.1002/aur.2086

ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics. Retrieved from https://icd.who.int/browse11/l-m/en.

Jolly, A. A. (2015). Handle with care: Top ten tips a nurse should know before caring for a hospitalized child with autism spectrum disorder. Pediatric Nursing, 41(1), 11.

Johnson, N. L., Lashley, J., Stonek, A. V., & Bonjour, A. (2012). Children with developmental disabilities at a pediatric hospital: Staff education to prevent and manage challenging behaviors. Journal of Pediatric Nursing, 27(2), 742–749.

Kara, H., & Demirtaş, M. S. (2020). Increasing the awareness of autism spectrum disorder with training of pre-school teachers and school counselors in Turkey. Journal of Child Science, 10(01), e246–e257.

Kelly, E., & Hassett-Walker, C. (2016). The training of New Jersey emergency service first responders in autism awareness. Police Practice and Research, 17(6), 543–554.

Kohane, I. S., McMurry, A., Weber, G., MacFadden, D., Rappaport, L., Kunkel, L., Bickel, J., Wattanasin, N., Spence, S., Murphy, S., & Churchill, S. (2012). The co-morbidity burden of children and young adults with autism spectrum disorders. PLoS ONE. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033224.

Kolukısa, T., & Cınar, N. (2025). Mothers of children with autism spectrum disorder: Their views on their children's hospital experiences, expectations from nurses, and a hospital environment sensitive to differences–A qualitative study. Archives of Psychiatric Nursing, 151912.

Lokhandwala, T., Khanna, R., & West-Strum, D. (2012). Hospitalization burden among individuals with autism. Journal of Autism and Developmental Disorders, 42(1), 95–104. https://doi.org/10.1007/s10803-011-1220-2.

Liptak, G. S., Stuart, T., & Auinger, P. (2006). Health care utilization and expenditures for children with autism: Data from U.S. national samples. Journal of Autism and Developmental Disorders, 36, 871–879. https://doi.org/10.1007/s10803-006-0119-9.

Malik-Soni, N., Shaker, A., Luck, H., Mullin, A. E., Wiley, R. E., Lewis, M. E. S., Fuentes, J., & Frazier, T. W. (2022). Tackling healthcare access barriers for individuals with autism from diagnosis to adulthood. Pediatric Research, 91(5), 1028–1035. https://doi.org/10.1038/s41390-021-01465-y.

McGonigle, J., Migyanka, J., Glor-Scheib, S., Cramer, R., Fratangeli, J., Hegde, G., & Venkat, A. (2014). Development and evaluation of educational materials for pre-hospital and emergency department personnel on the care of patients with autism spectrum disorder. Journal of Autism & Developmental Disorders, 44(5), 1252–1259. https://doi.org/10.1007/s10803-013-1962-0.

McMaughan, D. J., Imanpour, S., Mulcahy, A., Jones, J., & Criss, M. M. (2023). Mental health-related hospitalizations among adolescents and emerging adults with autism in the United States: A retrospective, cross-sectional analysis of national hospital discharge data. Autism: Advance Online Publication. https://doi.org/10.1177/13623613221143592.

Muskat, B., Burnham Riosa, P., Nicholas, D. B., Roberts, W., Stoddart, K. P., & Zwaigenbaum, L. (2015). Autism comes to the hospital: The experiences of patients with autism spectrum disorder, their parents and health-care providers at two Canadian paediatric hospitals. Autism: The International Journal of Research and Practice, 19(4), 482–490. https://doi.org/10.1177/1362361314531341.

Myers, L., Karp, S. M., Dietrich, M. S., Looman, W. S., & Lutenbacher, M. (2021). Family-Centered Care: How close do get when talking to parents of children undergoing diagnosis for autism spectrum disorders? Journal of Autism and Developmental Disorders, 51(9), 3073–3084. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04765-0.

Nicholas, D. B., Muskat, B., Zwaigenbaum, L., Greenblatt, A., Ratnapalan, S., Kilmer, C., Craig, W., Roberts, W., Cohen-Silver, J., Newton, A., & Sharon, R. (2020). Patient- and family-centered care in the emergency department for children with autism. Pediatrics, 145(Suppl 1), S93–S98. https://doi.org/10.1542/peds.2019-1895L.

Nicholas, D. B., Zwaigenbaum, L., Muskat, B., Craig, W. R., Newton, A. S., Cohen-Silver, J., Sharon, R. F., Greenblatt, A., & Kilmer, C. (2016a). Toward practice advancement in emergency care for children with autism spectrum disorder. Pediatrics, 137(Suppl 2), S205–S211. https://doi.org/10.1542/peds.2015-2851S.

Nicholas, D. B., Zwaigenbaum, L., Muskat, B., Craig, W. R., Newton, A. S., Kilmer, C., Greenblatt, A., Roberts, W., & Cohen-Silver, J. (2016b). Experiences of emergency department care from the perspective of families in which a child has autism spectrum disorder. Social Work in Health Care, 55(6), 409–426. https://doi.org/10.1080/00981389.2016.1178679.

O'Hagan, B., Krauss, S. B., Friedman, A. J., Bartolotti, L., Abubakare, O., Broder-Fingert, S., & Augustyn, M. (2023). Identifying components of autism friendly health care: An exploratory study using a modified Delphi method. Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 44(1), e12–e18. https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000001139.

Otizm Dernekleri Federasyonu. (2018, April 2). Basın bülteni. Retrieved March 2025, from http://www.odfed.org/otizm/.

Park, E. W., Lee, H., & Yun, E. K. (2019). Development and evaluation of a Quick Response code–based nursing education program for operating and recovery room nurses. CIN: Computers, Informatics, Nursing, 37(11), 599–605.

Pektaş, S. (2016). Otizm spektrum bozukluğu tanısı almış çocuklarda müzik eğitiminin önemi. Sanat Eğitimi Dergisi, 4(1), 95–110.

Pratt, K., Baird, G., & Gringras, P. (2012). Ensuring successful admission to hospital for young people with learning difficulties, autism and challenging behaviour: A continuous quality improvement and change management programme. Child: Care, Health and Development, 38(6), 789–797. https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01335.x.

Satır, S., & Kızılkaya Beji, N. (2021). Sağlık alanında elektronik öğretim yöntemleri. Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 4(2), 14–24. https://doi.org/10.51536/tusbad.870675.

Scott, A., Yefimova, M., & Brand, A. (2024). Instructional design, industry partnerships, and QR codes improve nursing competency evaluation. The Journal of Continuing Education in Nursing, 55(9), 425–432.

Taghizadeh, N., Heard, G., Davidson, A., Williams, K., & Story, D. (2019). The experiences of children with autism spectrum disorder, their caregivers and health care providers during day procedure: A mixed methods study. Paediatric Anaesthesia, 29(9), 927–937. https://doi.org/10.1111/pan.13689.

Tamur, Y., & Celasin, N. S. (2022). Views of health professionals working in family health centers on knowledge and early diagnosis on autism. TJFMPC, 16(3), 517–531.

Upton, J., Olsson-Brown, A., Marshall, E., & Sacco, J. (2017). Using QR codes to enable quick access to information in acute cancer care. British Journal of Nursing, 26(10), S4–S12. https://doi.org/10.12968/bjon.2017.26.10.S4.

Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., … Criqui, M. H. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. The Lancet, 390(10100), 1211–1259. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2.

Wilson, S. A., & Peterson, C. C. (2018). Medical care experiences of children with autism and their parents: A scoping review. Child: Care, Health and Development, 44(6), 807–817. https://doi.org/10.1111/cch.12611.

Wood, E. B., Halverson, A., Harrison, G., & Rosenkranz, A. (2019). Creating a sensory-friendly pediatric emergency department. Journal of Emergency Nursing, 45(4), 415–424. https://doi.org/10.1016/j.jen.2018.12.002.

Zwaigenbaum, L., Nicholas, D., Muskat, B., Kilmer, C., Newton, A., Craig, W., & Sharon, R. (2016). Perspectives of health care providers regarding emergency department care of children and youth with autism spectrum disorder. Journal of Autism & Developmental Disorders, 46(5), 1725–1736. https://doi.org/10.1007/s10803-016-2703-y.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

YENİDOĞAN YOĞUN BAKIM ÜNİTELERİNDE ANNE-BEBEK TEMAS ENGELLERİ

Şule İŞLER DEMİRHAN
Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Hemşirelik Tezli Programı
ORCID: 0009-0007-1691-4148

Prof. Dr. Hatice PEK
Haliç Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü
ORCID: 0009-0008-4191-1747

ÖZET
Anne-bebek arasında gebelikle birlikte başlayan bağlanma süreci, doğum sonrası ilk ayları kapsayan hatta bazen ilk yıllara kadar uzayabilen, annenin bebeğin işaretlerini anlaması, doğru bir şekilde yanıtlaması ve anne- bebek etkileşiminin devam etmesi ile desteklenen eşsiz bir süreci kapsar. Yenidoğanın fiziksel, ruhsal ve zihinsel gelişimi için ebeveyni ile güvenli bağlanması son derece önemlidir. Yenidoğanın sağlık sorunları varsa, anne-bebek teması sınırlanmakta ve bebek ile arasındaki bağ bozulmaktadır. Herhangi bir nedenle yenidoğan yoğun bakım ünitesine yatması sonucunda anne ile bebeğin ayrılığı ebeveynlik rollerinin bozulmasına neden olur. Ünitelerin karmaşık bir ortam ve teknolojik araçlarla donatılmış olması, ebeveyn-bebek arasındaki aktif etkileşimi engelleyebilmektedir. Bebeklerinin ağrılı işlemlere maruz kalması hem anne-baba hem de bebekte kaygı ve strese neden olmakta, ebeveyn-çocuk arasındaki bağlanma sürecini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde bakımın asıl amacı; bebeğin sadece tıbbi gereksinimlerinin karşılanması değil, aynı zamanda bozulan ebeveyn bebek ilişkisinin devam etmesini sağlamaktır. Postpartum dönemde annenin psikolojik sağlığını ve anne-bebek bağlanmasını etkileyen faktörlerin incelenmesi, temas engelleri açısından değerlendirilmesi, sorun varsa en erken dönemde gerekli desteğin verilmesi çok önemlidir. Anne-bebek, baba-bebek etkileşiminin çocuğun gelişimi ve tüm yaşamını etkilemesi nedeniyle doğum öncesi, doğum ve doğum sonrası dönemde yenidoğan hemşirelerine önemli sorumluluklar düşmektedir.
Anahtar Sözcükler: Bağlanma, engel, yenidoğan hemşiresi, yenidoğan yoğun bakım ünitesi.

MOTHER-BABY CONTACT BARRIERS IN NEONATAL INTENSIVE CARE UNITS

ABSTRACT
The bonding process between mother and baby, which begins with pregnancy, encompasses a unique process that includes the first months after birth and sometimes extends into the first years, supported by the mother's understanding of the baby's signals, responding correctly, and the continued mother-baby interaction.Secure attachment of the newborn to the parent is extremely important for the newborn’s physical, emotional, and cognitive development. If the newborn has health problems, mother-infant contact is restricted, and the bond between them is disrupted. Separation of mother and baby as a result of hospitalization in the neonatal intensive care unit for any reason leads to disruption of parental roles. The complex environment of the units and the presence of advanced technological equipment may hinder active interaction between parent and infant. Exposure of infants to painful procedures causes anxiety and stress in both parents and infants, and may negatively affect the attachment process between parent and child.

Therefore, the main purpose of care in neonatal intensive care units is not only to meet the medical needs of the baby, but also to ensure the continuation of the deteriorated parent-baby relationship. It is very important to examine the factors affecting the mother's psychological health and mother-infant bonding in the postpartum period, to evaluate them in terms of contact barriers, and to provide the necessary support at the earliest stage if there is a problem. Since mother-infant, father-infant interaction affects the development and the whole life of the child, neonatal nurses have important responsibilities in the prenatal, birth and postnatal period.
Keywords: Bonding, barrier, neonatal nurse, neonatal intensive care unit.

1. GİRİŞ

Günümüzde, bir çocuğun yalnızca hayatta kalmasının değil, aynı zamanda fiziksel, ruhsal ve zihinsel olarak tam potansiyeline ulaşarak gelişmesinin de küresel bir öncelik olduğu kabul edilmektedir (UNICEF, 2022a). Anne-bebek bağlanması, gebelik sürecinde başlayarak postpartum dönemde hızla gelişen ve bireyin tüm yaşamını etkileyen temel bir süreçtir. Bu süreç, özellikle doğum sonrası erken dönemde kurulan güçlü bir duygusal bağ olarak tanımlanmaktadır (Klaus & Kennell, 1976). Güvenli bağlanma, yenidoğanın biyopsikososyal gelişimi için kritik öneme sahiptir ve ebeveynlerin çocuğa sunduğu sevgi, bakım ve güven ile şekillenir (Ceka & Murati, 2016; Korucu et al., 2017; Karakaş & Şahin Dağlı, 2019). Bağlanma; anne ve bebek arasında karşılıklı etkileşim ve iletişimi içeren, bebeğin güvenli bir çevrede gelişmesine katkı sağlayan duygusal bir bağ olarak tanımlanmaktadır (Bat Tonkuş & Muslu, 2021a).

Doğumdan sonra ilk saatler, anne-bebek ilişkisinin temellerinin atıldığı en duyarlı dönem olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde annenin bebeğiyle kurduğu erken temas ve etkileşim, bağlanmanın niteliğini belirlemektedir (Güleşen & Yıldız, 2013). Erken ten tene temas, kanguru bakımı ve emzirmenin desteklenmesi gibi uygulamalar, güvenli bağlanmanın oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Karakaş & Şahin Dağlı, 2019; Güleşen & Yıldız, 2013). Ancak yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde, bebeğin sağlık sorunları nedeniyle anne-bebek ayrılığı yaşanması, bu sürecin sağlıklı ilerlemesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yenidoğan yoğun bakım ünitelerinin (YYBÜ), karmaşık bir ortam ve teknolojik araçlarla donatılmış olması, ebeveyn-bebek arasındaki aktif etkileşimi engelleyebilmekte ve ebeveynlerin rollerini kısıtlayabilmektedir. Anne-bebek temasının sınırlanması; annenin ebeveynlik rollerinde yetersizlik hissetmesine, kaygı ve stresin artmasına, buna bağlı olarak bağlanma sürecinin zayıflamasına yol açabilmektedir (Bat Tonkuş & Muslu, 2021a; Karakaş & Şahin Dağlı, 2019). Özellikle anne postpartum dönemde hem fizyolojik hem de psikolojik değişimlerle başa çıkarken, bebeğin yoğun bakımda yatışı bu süreci daha da zorlaştırmaktadır (Gündüzalp & Gürol, 2024). Bu nedenle yenidoğan hemşireleri, yalnızca bebeğin medikal gereksinimlerini karşılamaktan değil, aynı zamanda anne-bebek bağlanmasını desteklemekten de sorumludur. Ebeveynlere duygusal destek sağlamak, bilgilendirmek ve bağlanmayı kolaylaştırıcı uygulamaları teşvik etmek, hemşirelerin temel rollerindendir (Güleşen & Yıldız, 2013). Literatürde maternal bağlanmanın desteklenmemesi durumunda; çocuklukta özgüven eksikliği, sosyal uyum sorunları, ilerleyen yaşamda ise ruhsal ve davranışsal bozuklukların görülebileceği vurgulanmaktadır (Bat Tonkuş & Muslu, 2021b).

YYBÜ'nde anne-bebek temas engellerinin belirlenmesi, bağlanmayı olumsuz etkileyen faktörlerin erken dönemde tespit edilmesi ve gerekli hemşirelik girişimlerinin uygulanması kritik öneme sahiptir. Bu derlemede, yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde anne-bebek temas engelleri ve hemşirelik yaklaşımına yönelik literatür bilgisinin tartışılması amaçlanmıştır. (Ersoy & Kılıç, 2016).

1.1. Bağlanma (Bonding)

Anne-bebek arasında gebelikle birlikte başlayan bağlanma süreci, doğum sonrası ilk ayları kapsayan hatta bazen ilk yıllara kadar uzayabilen, annenin bebeğin işaretlerini anlaması, doğru bir şekilde yanıtlaması ve anne-bebek etkileşiminin devam etmesi ile desteklenen eşsiz bir süreci kapsar. Bebeğin beyin gelişimi, bilişsel yetenekleri ve gelecekteki sosyal ilişkileri için kritik bir temel oluşturur (Bowlby, 1969; Karakaş & Şahin Dağlı, 2019; Feldman, 2007).

Anne-çocuk arasındaki duygusal bağın doğasını ve gelişimini açıklayan bağlanma kuramı, psikiyatrist John Bowlby tarafından geliştirilmiştir. Bağlanma kuramının kapsamlı bir incelemesi ve güncel uygulamaları, alanın önde gelen kaynaklarından biri olan *Handbook of Attachment*'te detaylandırılmıştır (Cassidy & Shaver, 1999). Bu temel duygusal sistemler ve tepkiler, evrimsel olarak beynin derin yapılarında kök salmıştır (Panksepp & Biven, 2012). Bebekler, kendilerine yakınlık ve koruma sağlayacak birincil bakıcılarına doğal olarak bağlanma eğilimi gösterirler. Birincil bakıcı ile bebek arasında kurulan bağ, hayatta kalma ve güvenlik için evrimsel bir gereksinimdir. Bu bağın temel amacı, tehlikelere karşı korunma sağlamak ve bebeğin hayatta kalma şansını artırmaktır. Anne-bebek bağlanması (bonding), doğum öncesi dönemde başlayan ve yaşam boyu devam eden, bebek ile anne veya birincil bakıcısı arasında kurulan duygusal ve psikolojik bir bağdır (Bowlby, 1969).

Bağlanma kuramı, bu ilişkinin sadece fiziksel bir beslenme gereksiniminden kaynaklanmadığını, aynı zamanda duygusal ve psikolojik bir temel taşıdığını savunmaktadır. Bebek, kendisine karşı gösterilen duyarlı ve tutarlı ilgi sayesinde çevresine güven duymayı ve başkalarıyla sağlıklı ilişkiler kurmayı öğrenir. Bağlanma sürecinin ilk yıllardaki kalitesi, bireyin ileri yaşlarında kuracağı sosyal ilişkileri, duygusal regülasyon becerilerini ve benlik algısını doğrudan etkiler. Bu nedenle, bağlanma kuramı, çocuk gelişimi ve ruh sağlığı alanında temel bir kavram olarak kabul edilmektedir (Bowlby, 1969; Ainsworth et al., 1978; Mikulincer & Shaver, 2016).

Normal fizyolojik koşullar altında bu bağ ten tene temas, dokunma, kucaklama, göz göze temas, konuşma, emzirme ve karşılıklı etkileşimlerle doğal bir şekilde güçlenir.

Ten Tene Temas (TTT): Ten tene temas, doğumdan hemen sonra başlayan ve anne ile bebek arasındaki fiziksel ve duygusal bağın temelini oluşturan en güçlü uygulamalardan biridir (WHO, 2022). Bebeğin annesinin göğsüne yatırılmasıyla gerçekleşen bu temas, bebeğin kalp atış hızını stabilize etmesine, solunum ritmini ve vücut ısısını düzenlemesine yardımcı olur (Moore et al., 2016). Anne açısından ise oksitosin hormonu salgısını artırarak süt salınımını destekler ve annenin bebeğine yönelik şefkat ile koruma duygularını güçlendirir (Widström, Brimdyr & Svensson, 2019). Yakın fiziksel temas sayesinde hem anne hem de bebekte güven, huzur ve bağlılık duyguları gelişir (UNICEF, 2022b). TTT yalnızca doğumdan hemen sonra değil, bebeğin rahatlatılmaya veya sakinleştirilmeye gereksinim duyduğu her an uygulanabilir (Bystrova et al., 2007). Bu nedenle yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde hayati öneme sahiptir. Doğumdan sonra TTT ve kolostrum, bebeğin ilk ve vazgeçilmez hakkı olarak kabul edilmektedir (Moore et al., 2016).

Dokunma: Dokunma, anne ile bebek arasında kurulan bağın en temel biçimlerinden biridir. Annenin bebeğini nazikçe okşaması, masaj yapması veya elini tutması, bebekte güven duygusunu artırır, stresini azaltır ve fizyolojik olarak kalp atışı ile solunumunu düzenlemeye yardımcı olur. Dokunma, aynı zamanda prematüre bebeklerde kilo alımını ve uyku düzenini olumlu yönde etkiler (Ahn et al., 2018; Field, 2010). Hemşireler, ebeveynlere bebeklerine dokunmaları konusunda cesaret vererek bağlanma sürecini desteklemelidir.

Kucaklama: Kucaklama, bir bebeği güvende ve korunaklı hissettirmenin en evrensel yoludur (Field, 2010). Kucaklamak, ten tene teması ve konuşmayı da içeren çok yönlü bir eylemdir (UNICEF, 2022b). Bebeğin ağlamasını durdurmak, uyutmak veya sadece ona sevgi göstermek için yapılan kucaklamalar, bebeğin dünyanın güvenli bir yer olduğu hissini geliştirmesine yardımcı olur (Bystrova et al., 2009). Bu eylem, fiziksel yakınlık yoluyla duygusal bir bağ kurar ve hem anne hem de bebek için rahatlatıcı bir etki yaratır (Feldman et al., 2014).

Göz Göze Temas: Yenidoğan bebekler, yüzleri ve özellikle insan gözlerini görmeye programlanmıştır (Farroni et al., 2002). Anne ile bebek arasında kurulan göz teması, bağlanma sürecinin çok önemli bir koşuludur (Johnson, 2005). Anne ve bebek göz göze geldiğinde, bebekler annelerinin yüz ifadelerini ve duygularını okumayı öğrenirler (Striano & Reid, 2006). Bu etkileşim, beyin gelişimini destekler ve bebeğin duygusal regülasyon becerilerinin temellerini atar (Feldman, 2007). Anneler de bebeklerinin gözlerine bakarak onunla iletişim kurar. Bu etkileşim onlarda güçlü bir ebeveynlik hissi uyandırır (Trevarthen, 2001).

Konuşma: Anne ile bebek arasındaki konuşma, doğum öncesinde başlayan bir etkileşimdir (Partanen et al., 2013). İntrauterin dönemde bebekler annesinin sesini tanır ve bu ses onlara güven verir (Moon, Cooper & Fifer, 1993). Doğumdan sonra ise, anne ve baba bebeğe şarkı söyleyerek, onunla konuşarak veya mırıldanarak duygusal bir bağ kurarlar (Trehub, 2003). Bu sesli etkileşimler, bebeğin dil gelişimini destekler ve annenin sesinin rahatlatıcı etkisi bebeğin sakinleşmesine yardımcı olur (DeCasper & Fifer, 1980). Bebeğin agulama gibi seslerine karşılık vermek, erken dönemde bir diyalog kurma becerisinin gelişmesini sağlar (Kuhl, 2004).

Emzirme: Emzirme, sadece bebeğin beslenmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda anne-bebek bağlanmasını derinleştiren eşsiz bir süreçtir (Britton et al., 2006). Emzirme sırasında ten tene ve göz göze temas doğal olarak gerçekleşir (Feldman & Eidelman, 2003). Bebeğin emme hareketi, annede oksitosin salgılanmasını tetikleyerek bağlanma döngüsünü güçlendirir (Uvnäs-Moberg et al., 2005). Bu süreç, annenin bebeğin gereksinimlerine duyarlı olmasını sağlar ve karşılıklı bir güven ve tatmin hissi yaratır (Else-Quest et al., 2003).

Kanguru Bakımı: En etkili yöntemlerden biri olan kanguru bakımı, prematüre veya düşük doğum ağırlıklı bebeklerin çıplak göğse yatırılmasıyla ten tene temasın sağlanmasıdır (Conde-Agudelo & Díaz-Rossello, 2016). Bu yöntem, bebeğin kalp atışını ve solunumunu düzenlerken, annede oksitosin salgısını artırarak bağlanmayı güçlendirir (Aygün & Demirel, 2017; Moore et al., 2016). Sağlık ekibi üyeleri ebeveynlere bu uygulamanın faydalarını anlatmalı ve güvenli bir şekilde uygulamalarını sağlamalıdır (Nyqvist et al., 2010; Boundy et al., 2016).

1.2. Temasın Anne-Bebek Bağlanmasındaki Önemi

Temas, anne-bebek arasındaki sessiz bir iletişim dilidir (Feldman, 2007). Bu etkileşim, bebeğin dünyaya güvenle adım atmasını sağlarken, annenin de bu yeni rolüne uyum sağlamasına destek olur (Bigelow & Power, 2020). Temas, anne ile bebek arasında kurulan bağın en temel ve en güçlü bileşenlerinden biridir (Moore et al., 2016). Fiziksel temas, sadece bir yakınlık eylemi değil, aynı zamanda bebeğin fiziksel, duygusal ve bilişsel gelişimi için hayati bir gereksinimdir (Ferber & Makhoul, 2004). Doğum anından itibaren başlayan ten tene temas (skin-to-skin contact), hem anne hem de bebek için biyolojik ve psikolojik fayda sağlar (Conde-Agudelo & Díaz-Rossello, 2016).

Duygusal Güvenlik: Bebek, annesinin sıcaklığını, kokusunu ve kalp atışını hissederek kendini güvende ve korunaklı hisseder (Anderson et al., 2003). Bu durum, bebeğin stres seviyesini düşürür ve ona dış dünyaya uyum sağlaması için bir temel oluşturur (Moore et al., 2016). Aynı zamanda, annenin de bebeğe karşı şefkat ve bağlılık duygularını pekiştirir (Uvnäs-Moberg et al., 2005).
Fizyolojik Düzenleme: Ten tene temas, bebeğin vücut ısısını, solunum hızını ve kalp atışını stabilize etmeye yardımcı olur (Bystrova et al., 2007). Prematüre veya sağlık sorunları olan bebeklerde bu düzenleme, iyileşme sürecini hızlandırabilir (Charpak et al., 2001).
Hormonal Etkiler: Temas, oksitosin (bağlanma hormonu) salgılanmasını artırır (Uvnäs-Moberg et al., 2005). Oksitosin, annenin annelik içgüdülerini güçlendirirken, süt üretimini de artırır (Handlin et al., 2009). Bu hormonal tepki, karşılıklı bir bağlanma döngüsü oluşturur (Jonas et al., 2009).

1.3. YYBÜ Ortamında Temasın Önemi

Yenidoğanın sağlık sorunları nedeniyle YYBÜ'nde yatırılması gerektiğinde, anne ve bebek fiziksel olarak ayrılmak zorunda kalır (Franck & Spencer, 2003). Bu ayrılık, ebeveynlerin bebeklerine dokunma, kucaklama ve iletişim kurma gereksinimlerini kısıtlar (Miles et al., 2015). YYBÜ ortamının karmaşık ve stresli yapısı, doğal bağlanma sürecini kesintiye uğratarak hem anne hem de bebek için olumsuz sonuçlar doğurabilir (Flacking et al., 2013). Bu durum, ebeveynlik rollerinin bozulmasına, kaygı ve stresin artmasına ve bağlanmanın engellenmesine yol açabilir (Ionio et al., 2017). YYBÜ'nde temas, normal koşullara göre daha da kritik bir öneme sahiptir (WHO, 2018). Bu nedenle, YYBÜ'ndeki hemşireler ve sağlık personeli, kanguru bakımı gibi yöntemlerle ten tene teması teşvik ederek ebeveyn-bebek bağının korunmasını ve güçlenmesini sağlamalıdır (Conde-Agudelo & Díaz-Rossello, 2016). Ebeveynler, bebeklerine dokunarak, onları okşayarak ve kucaklayarak kendilerini daha yeterli hissederler (Altimier & Phillips, 2016). Bu da kaygılarını azaltır ve ebeveynlik rollerini sahiplenmelerine yardımcı olur (Franck & O'Brien, 2007).

1.4. Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitelerinde Teması Kolaylaştıran Faktörler

YYBÜ'leri teknolojik ve karmaşık ortamlar olsa da anne-bebek temasını desteklemek ve güçlendirmek mümkündür (Flacking et al., 2013). Sağlık ekibi üyeleri ve hastane politikaları, bu kritik dönemde teması kolaylaştırmada önemli bir rol oynar (Franck&O'Brien, 2007). YYBÜ'ndeki hemşirelerin ve hekimlerin, ebeveyn-bebek bağlanmasının önemini anlaması ve bu konuda eğitilmesi çok önemlidir (Altimier & Phillips, 2016). Sağlık ekibi üyeleri, ebeveynleri sadece bebeklerinin tıbbi durumu hakkında değil, aynı zamanda onlarla nasıl temas kurabilecekleri konusunda da bilgilendirmelidir (Hall et al., 2016). Ebeveynler, bebeklerine dokunmaları, onlarla konuşmaları ve fiziksel olarak yakın olmaları için cesaretlendirilmelidir (Moore et al., 2016).

- **Fiziksel Ortamın Düzenlenmesi**

YYBÜ'lerin fiziksel yapısı, ebeveynlerin bebekleriyle daha fazla zaman geçirebilmesi için uygun hale getirilmelidir (Gooding et al., 2011).
Ebeveyn Odaklı Birimler: YYBÜ'lerinde ailelerin bebeklerinin yanında kalabileceği özel odalar veya bölümler bulunması, ebeveynlerin bebekleriyle günün her saati temas kurmasına olanak tanır (Altimier & Phillips, 2016).

Sakin ve Huzurlu Ortam: Aydınlatmanın ve gürültünün azaltılması, ebeveyn ve bebek için daha huzurlu bir ortam yaratabilir. Böyle bir ortam, ebeveynlerin daha rahat hissetmesine ve bebekleriyle daha rahat iletişim kurmasına yardımcı olur (Flacking et al., 2013).

- **Psikolojik ve Duygusal Destek**

Ebeveynlerin yaşadığı stres ve kaygı, temas kurma isteklerini etkileyebilir. Bu nedenle, psikiyatrist, psikolog ve sosyal hizmet uzmanı gibi profesyonellerden destek alınması önemlidir (Hall et al., 2016). Bu destek, YYBÜ'nde geçirilen zorlu süreci daha yönetilebilir hale getirerek, anne-bebek bağının kopmamasını önler ve bağlanmanın güçlenerek devam etmesini sağlar (Franck & Spencer, 2003).
Ebeveyn Destek Grupları: Aynı zorlukları yaşayan diğer ailelerle bir araya gelmeleri, ebeveynlerin yalnızlık hissini azaltabilir ve onlara motivasyon sağlayabilir (Hall et al., 2016).
Danışmanlık Hizmetleri: Bireysel danışmanlık, ebeveynlerin kaygılarını yönetmelerine ve bebeklerinin durumunu kabullenmelerine yardımcı olur (Ionio et al., 2017).

1.5. Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitelerinde Teması Engelleyen Faktörler

YYBÜ, bebeğin hayatta kalması için hayati önem taşıyan bir ortam olsa da bazı faktörler anne ve bebek arasındaki doğal temasın ve bağlanma sürecinin önünde engeller oluşturabilir (Flacking et al., 2013). Yenidoğan yoğun bakım üniteleri, teknolojik donanımları ve karmaşık ortamlarıyla, anne-bebek bağlanmasını olumsuz etkileyebilecek faktörler barındırır (Selin & Güzeldere, 2014). Bu engeller hem ebeveynler hem de bebek için ciddi psikolojik ve duygusal zorluklara yol açabilir (Franck & Spencer, 2003).

- **Fiziksel ve Çevresel Engeller**

Teknolojik Donanım: YYBÜ'leri, bebeklerin yaşam desteği için kullanılan karmaşık ve gürültülü araçlarla (ventilatörler, monitörler, infüzyon pompaları vb.) dolu olduğundan, ebeveynlerin bebeğine rahatça dokunmasını, kucaklamasını veya fiziksel olarak yakın olmasını zorlaştırabilir. Tüpler, kablolar ve alarmlar, ebeveynlerde endişe yaratır ve temas kurmaktan kaçınma hissi oluşturabilir (Miles et al., 2015).
Fiziksel Ayrılık: Bebeğin durumu gereği anneden ayrı bir odada veya bölümde tutulması, en temel ve en yıkıcı engeldir. Bu fiziksel ayrılık, ten tene temas, emzirme ve göz teması gibi bağlanmanın temelini oluşturan unsurları engeller. Anneler, bebeklerini göremedikleri veya ona dokunamadıkları için kendilerini çaresiz ve yetersiz hissedebilirler (Hall et al., 2016).
Ziyaret Kısıtlamaları: Bazı YYBÜ'lerinde hijyen, güvenlik veya personel iş yükü nedeniyle katı ziyaret saatleri uygulanabilir. Bu durum, ebeveynlerin bebekleriyle geçirebileceği zamanı sınırlar ve sürekli temasın oluşmasını engeller (Gooding et al., 2011).

- **Psikolojik ve Duygusal Engeller**

Ebeveyn Kaygısı ve Stresi: Bebeğin sağlık durumu hakkında sürekli belirsizlik içinde olmak, ebeveynlerde yüksek düzeyde stres ve kaygıya yol açar. YYBÜ ortamının karmaşıklığı ve belirsizliği, ebeveynlerin bebekleriyle kurmaya çalıştıkları ilişkinin duygusal yönlerini derinden etkilemektedir (Harrison, 2004). Bu süreçte yaşanan stres ve duygusal zorluklar, ebeveynlerin alacağı sosyal destek ve bebekleriyle kuracakları bağlanma kalitesiyle yakından ilişkilidir (Moe, 2012; Benz, 2015). "Ancak bazı araştırmalar, annelerin bebeklerinden ayrı kalmanın getirdiği çaresizlik, suçluluk ve korku gibi duygusal zorlukları daha derin bir şekilde yaşadığını vurgulamaktadır (Watling & Hetherington, 2011).Bu stres, ebeveynlerin bebekleriyle sağlıklı bir şekilde etkileşim kurma yeteneklerini olumsuz etkileyebilir (Ionio et al., 2017).

Yetersizlik Hissi: YYBÜ'nde anne ve babalar, bebeklerinin bakımında aktif bir rol oynayamadıkları için kendilerini yetersiz hissedebilirler. Bu durum, ebeveynlik rollerinin bozulmasına ve bebekle aralarındaki bağın zayıflamasına neden olabilir (Franck & O'Brien, 2007).
Tıbbi Personelle İletişim Zorlukları: Açıklamaların tıbbi terminoloji kullanılarak yapılması, ebeveynlerin bebeklerinin sağlık durumu hakkında yeterli bilgi edinmesini zorlaştırabilir. Yetersiz iletişim, ebeveynlerin kendilerini dışlanmış hissetmelerine ve bakım sürecine dahil olamamalarına neden olarak temas kurma motivasyonlarını düşürebilir (Hall et al., 2016).

1.6. Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitelerinde Anne-Bebek Temas Engellerinde Hemşirelik Yaklaşımı

Yenidoğan hemşireleri, YYBÜ'nde ebeveyn-bebek bağlanmasını güçlendirmede kilit bir role sahiptir. Bu rol, bebeğin medikal gereksinimlerinin ötesinde, aileye yönelik kapsamlı bir yaklaşım gerektirmektedir (Als & Duffy, 2014). Hemşirelerin, ebeveynlerin bağlanma sürecine dahil olmasını sağlamaya yönelik olumlu algıları ve bu konudaki bilgi düzeyleri, bakım kalitesini doğrudan etkiler (Akın & Büyükyılmaz, 2019). Bu süreçte en etkili yaklaşımlardan biri olan aile odaklı bakım, ailenin bakım sürecinin merkezinde yer almasını ve kendi kararlarını almasını destekler (Demir & Gökçe, 2017; Çamur & Altun, 2019). Aile merkezli bakım yaklaşımının uygulanması gerekir (Altimier & Phillips, 2016).
Fiziksel Teması Teşvik Etme: TTT hem anne hem de baba için bağlanmayı güçlendiren en etkili yöntemlerden biridir (Moore et al., 2016). Hemşireler, bebeklerinin durumu elverdiğince ebeveynleri bu uygulamaya teşvik etmeli ve rehberlik etmelidir.
Psikolojik Destek Sağlama: Hemşireler, ebeveynlerle empati kurarak duygusal gereksinimlerini anlamalı ve saptamalıdır. Onlara kaygılarıyla ilgili konuşma fırsatı vermek ve gerektiğinde psikolojik destek birimlerine yönlendirmek, ebeveynlerin psikolojik sağlığını korumaya yardımcı olur (Franck & Spencer, 2003).
Ebeveyn Katılımını Sağlama: Ebeveynlerin bebeklerinin bakımına aktif olarak katılmaları sağlanmalıdır. Hemşirelerin, ebeveynleri bu sürece dâhil etmesi, YYBÜ'nde aile merkezli bakımın temel bir parçasıdır ve ebeveynlerin kendilerini daha yetkin hissetmelerini sağlar (Turan & Çavdar, 2017). Altını değiştirme, besleme veya nazikçe okşama gibi basit eylemler, ebeveynlerin kendilerini daha yetkin hissetmelerine ve sürece dâhil olmalarına yardımcı olur (Altimier & Phillips, 2016).
Bilgilendirme ve Eğitim: Ebeveynlerin bebeklerinin tıbbi durumu ve ünitenin işleyişi hakkında şeffaf şekilde bilgilendirilmesi, belirsizlikten kaynaklanan kaygılarını azaltır. Hemşireler, ebeveynlerin tüm sorularını yanıtlamalı ve anlayabilecekleri bir dil kullanmalıdır (Hall et al., 2016).

2. TARTIŞMA

Prematüre doğum, yenidoğan sarılığı, solunum güçlüğü, vb. nedenlerle bebeğin YYBÜ'ne yatırılması, bu doğal süreci olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Özellikle prematüre bebeklerde, anne-baba stres düzeyi, bebeğin tıbbi durumu ve fiziksel ayrılık gibi birçok faktörün bağlanma sürecini doğrudan etkilediği vurgulanmaktadır (Kozikoğlu & Durmaz, 2020). YYBÜ'lerin karmaşık ve teknolojik araçlarla dolu ortamı, anne ile bebek arasındaki fiziksel teması ve etkileşimi sınırlayarak, bağlanma sürecinde önemli engeller oluşturur (Selin & Güzeldere, 2014; Lester, Hawes & Peucker, 2004). Bebeğin küvözde kalması, sürekli monitörizasyon ve ağrılı tıbbi işlemler hem bebekte hem de ebeveynlerde yoğun stres, kaygı ve çaresizlik hissine yol açar (Franck, 2006).

YYBÜ'nde bebekleri bulunan annelerde, bu durumun bir sonucu olarak postpartum depresyon, anksiyete ve post-travmatik stres bozukluğu gibi psikolojik sorunların görülme sıklığı, normal postpartum dönemdeki annelere göre daha yüksektir (Güler, Durmuş & Aygün, 2018; Gündüzalp & Gürol, 2024). Annelerin yaşadığı bu psikolojik zorluklar, bebeğin ihtiyaçlarına duyarlı bir şekilde yanıt vermesini engelleyebilir ve bağlanma bağını zedeleyebilir. Bu nedenle, YYBÜ'ndeki bakımın yalnızca bebeğin medikal gereksinimlerini karşılamakla sınırlı kalmaması, aynı zamanda ebeveynlerin duygusal ve psikolojik sağlığını da desteklemesi büyük önem taşımaktadır.

Yapılan çalışmalar, temas engellerinin ortadan kaldırılmasında uygulanabilecek hemşirelik yaklaşımlarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Kanguru bakımı gibi uygulamalar, fiziksel teması teşvik ederek ve ebeveynleri bakım sürecine dâhil ederek, hastane ortamının getirdiği zorluklara karşı güçlü bir dengeleyici rol oynamaktadır. Bu yaklaşımlar, yalnızca bebeğin fizyolojik sağlığına katkıda bulunmakla kalmayıp, aynı zamanda ebeveynlerin kendilerini daha yetkin ve bağlı hissetmelerini sağlamaktadır. Bu bulgular, YYBÜ' lerinde aile merkezli bakımın sadece bir felsefe değil, aynı zamanda bilimsel olarak desteklenen bir zorunluluk olduğunu ortaya koymaktadır (Charpak et al., 2001, World Health Organization, 2003, World Health Organization, 2004; Conde-Agudelo&Díaz-Rossello, 2011).

Literatür, YYBÜ'nde anne-bebek bağlanmasını etkileyen temel engelleri ortaya koymakta fiziksel ayrılık, teknolojik donanımın karmaşıklığı ve ebeveynlerin yaşadığı yüksek stres seviyelerinin anne-bebek bağının kurulmasını olumsuz etkilediğine dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Bowlby' nin (1969) bağlanma kuramında vurgulanan, birincil bakıcının sürekli ve duyarlı varlığının bebek gelişimi için çok önemli olduğu fikriyle örtüşmektedir.

YYBÜ'nde ebeveyn-bebek ilişkisinin korunması ve güçlenmesi için engellerin farkında olmak ve engelleri aşmak için uygun stratejiler geliştirmek kritik önemdedir.

3. SONUÇ

Yenidoğanın yaşama sağlıklı bir başlangıç yapması, sadece bedensel sağlığıyla değil aynı zamanda güçlü ve sevgi dolu bir bağla mümkün olur. Ten tene temas, doğumdan hemen sonra başlayan ve anne ile bebek arasındaki fiziksel ve duygusal bağın temelini oluşturan en güçlü uygulamalardan biridir. Doğumdan sonra TTT ve kolostrum, bebeğin ilk ve vazgeçilmez hakkı olarak kabul edilmektedir.

YYBÜ'leri, yaşam kurtaran hayati bir ortam olsa da anne ile bebek arasında kurulan eşsiz ve hassas bağlanma sürecini ciddi şekilde engelleyebilir. YYBÜ ortamının karmaşık ve stresli yapısı, doğal bağlanma sürecini kesintiye uğratarak hem anne hem de bebek için olumsuz sonuçlar doğurabilir. YYBÜ'nde temas, normal koşullara göre daha da kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle YYBÜ'ndeki hemşireler ve sağlık personeli, kanguru bakımı gibi yöntemlerle ten tene teması teşvik ederek ebeveyn-bebek bağının korunmasını ve güçlenmesini sağlamalıdır. Yenidoğan hemşirelerinin aile merkezli bakım yaklaşımları sadece bebeğin fizyolojik gelişimine katkıda bulunmakla kalmayıp, aynı zamanda ebeveynlerin kendilerini yetersiz hissetmelerinin önüne geçerek ebeveynlik rollerini sahiplenmelerini sağlar.

Sağlık ekibi üyelerine, ebeveynleri bilinçlendirme, destek olma ve temas için güvenli ortamlar yaratma konusunda büyük sorumluluklar düşmektedir.

KAYNAKLAR

Ahn, J. B., Oh, S. J., & Han, Y. S. (2018). The effects of infant massage therapy on preterm neonatal outcomes: A clinical trial. Journal of Korean Academy of Nursing, 48(3), 271–280.

Ainsworth, M. D. S., Blehar, M. C., Waters, E., & Wall, S. (1978). Patterns of Attachment: A Psychological Study of the Strange Situation. Lawrence Erlbaum Associates.

Akın, S., & Büyükyılmaz, A. (2019). Yenidoğan hemşirelerinin annelerin bağlanma sürecini desteklemeye yönelik algıları. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Dergisi, 6(1), 58-59.

Als, H., & Duffy, F. H. (2014). Neonatal Intensive Care Unit care: A comprehensive approach. In A. M. G. van der Heijden & F. A. M. H. van den Oudenrijn (Eds.), A handbook of neonatal intensive care (pp. 3-34). Springer.

Altimier, L. B., & Phillips, R. (2016). The effects of neonatal intensive care unit environment on parent-infant interaction. Journal of Neonatal Nursing, 22(5), 232-241.

Anderson, G. C., Moore, E. R., Hepworth, J. T., & Bergman, N. (2003). Early skin-to-skin contact for mothers and their healthy newborn infants. The Cochrane Database of Systematic Reviews, (2), CD003519.

Aygün, C., & Demirel, G. (2017). The effect of kangaroo mother care on maternal-infant attachment. Journal of Pediatric Nursing, 37, 36-40.

Bat Tonkuş, A., & Muslu, G. K. (2021a). Yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde anne-bebek bağlanmasına yönelik hemşirelik yaklaşımları: Sistematik Derleme. Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 37(1), 1-13.

Bat Tonkuş, M., & Muslu, S. N. (2021b). Maternal bağlanma ve ilişkili faktörler. Journal of Medical Sciences, 2(2), 32–40. https://doi.org/10.46629/JMS.2021.39

Benz, E. M. (2015). Neonatal intensive care unit parental stress: A review of the literature. Journal of Perinatal and Neonatal Nursing, 29(2), 154-162.

Bigelow, A. E., & Power, S. (2020). The role of touch in parent-infant interaction. Frontiers in Psychology, 11, 574063.

Boundy, E., D'Agostino, D., & D'Agostino, J. (2016). Kangaroo mother care:Implementation, Outcomes, and Future Research. Clinics in Perinatology, 43(3), 569-586.

Bowlby, J. (1969). Attachment and Loss, Vol. 1: Attachment. Basic Books.

Britton, J. R., Britton, H. L., & Gronwaldt, L. E. (2006). Breastfeeding, sensitivity, and attachment. Pediatrics, 118(5), e1436-e1443.

Bystrova, K., Widström, A. M., Matthiesen, A.-S., Ransjö-Arvidson, A.-B., Welles-Nyström, B., Vorontsov, I., & Uvnäs-Moberg, K. (2007, May 8). Early lactation performance in primiparous and multiparous women in relation to different maternity home practices: A randomised trial in St. Petersburg. International Breastfeeding Journal, 2(1), Article 9. https://doi.org/10.1186/1746-4358-2-9

Cassidy, J., & Shaver, P. R. (Eds.). (1999). Handbook of Attachment: Theory, Research, and Clinical Applications. Guilford Press.

Ceka, A., & Murati, A. (2016). The Effects of Parent-Infant Bonding on Child Development. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 230, 25-30.

Charpak, N., Ruiz-Peláez, J. G., de Calume, Z. F., & Charpak, Y. (2001). A randomized, controlled trial of kangaroo mother care: Results of follow-up at 1 year of corrected age. Pediatrics, 108(5), 1072–1079. https://doi.org/10.1542/peds.108.5.1072

Conde-Agudelo, A., & Díaz-Rossello, J. L. (2016). Kangaroo mother care to reduce morbidity and mortality in low birthweight infants. Cochrane Database of Systematic Reviews, (3), Article CD002771. https://doi.org/10.1002/14651858.CD002771.pub3

Çamur, B., & Altun, H. (2019). Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Aile Odaklı Bakım. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Dergisi, 22(1), 1-10.

DeCasper, A. J., & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. Science, 208(4448), 1174-1176.

Demir, M. & Gökçe, C. (2017). Aile Odaklı Bakım: Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Uygulamaları. Türk Neonatoloji Dergisi, 24(3), 154-160.

Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Clark, R. (2003). The effect of breastfeeding on infant-mother attachment. Infant Behavior and Development, 26(3), 297-308.

Ersoy, N. & Kılıç, S. (2016). Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Aile Deneyimleri: Bir Gözden Geçirme. Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 32(2), 1-10.

Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(14), 9603-9606.

Feldman, R. (2007). Parent-infant synchrony: A biobehavioral model of mutual regulation and maternal–infant bonding. Journal of Developmental Psychology, 43(1), 1-22.

Feldman, R., & Eidelman, A. I. (2003). Direct and indirect effects of maternal depression on the development of the infant's social engagement, feeding, and growth. Infant Behavior and Development, 26(3), 350-368.

Feldman, R., Rosenthal, Z., & Eidelman, A. I. (2014). Maternal-preterm and paternal-preterm skin-to-skin contact (kangaroo care) facilitates parental regulation of stress and links to infant development. Biological Psychiatry, 75(1), 56-65. doi:10.1016/j.biopsych.2013.08.019

Ferber, S. G., & Makhoul, I. R. (2004). The effect of touch on the physical and mental development of infants. Infant Mental Health Journal, 25(3), 199-216.

Field, T., Diego, M., & Hernandez-Reif, M. (2010). Preterm infant massage therapy research: A review. Infant Behavior and Development, 33(2), 115–124. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2009.12.004

Flacking, R., Lehtonen, L., Thomson, G., Axelin, A., Ahlqvist, S., Moran, V. H., Ewald, U., Dykes, F., & the SCENE group. (2013). Closeness and separation in neonatal intensive care. Acta Paediatrica, 102(1), 16-23. https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2012.02787.x

Franck, L. S. (2006). Assessment of pain in infants and young children. Pediatrics in Review, 27(12), 481-489.

Franck, L. S., & O'Brien, K. (2007). Neonatal intensive care unit parental stress and its relationship to infant attachment. Journal of Perinatal and Neonatal Nursing, 21(4), 312-321.

Franck, L. S., & Spencer, H. (2003). Parental stress in the neonatal intensive care unit. Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing, 32(3), 361-368.

Gooding, J. S., Cooper, L. G., Blaine, A. I., Franck, L. S., Howse, J. L., & Christian, R. M. (2011). Family-centered care: The NICU and beyond. Clinics in Perinatology, 38(4), 629-644.

Güler, S., Durmuş, H., & Aygün, C. (2018). The effect of kangaroo care on postpartum depression and anxiety in mothers with premature infants. Journal of Clinical Nursing, 27(19-20), 3848-3856.

Gündüzalp, R., & Gürol, A. (2024). Determination of the relationship between stress levels and mother-infant contact barriers and mother-infant attachment of mothers with their infants in the neonatal intensive care unit. Journal of Midwifery and Health Sciences, 7(1), 114-124. https://doi.org/10.5281/zenodo.10926659

Güleşen, A., & Yıldız, D. (2013). Erken postpartum dönemde anne bebek bağlanmasının kanıta dayalı uygulamalar ile incelenmesi. TAF Preventive Medicine Bulletin, 12(2), 177–182. https://doi.org/10.5455/pmb1-1336130426

Hall, J. B., & Slevin, M. A. (2016). The emotional journey of parents in the Neonatal Intensive Care Unit (NICU): A review. Journal of Neonatal Nursing, 22(5), 216-224.

Handlin, L., Hydén, O., & Uvnäs-Moberg, K. (2009). The role of oxytocin in maternal behavior and milk ejection. The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine, 22(sup2), 160-165.

Harrison, H. (2004). The emotional aspects of parents' relationships with their infant in the NICU. Journal of Neonatal Nursing, 10(3), 103-108.

Ionio, C., Saita, E., & Di Masi, F. (2017). The NICU environment and the quality of mother-infant interaction: A systematic review. Infant Mental Health Journal, 38(1), 1-13.

Johnson, M. H. (2005). Subcortical face processing and the development of the human social brain. Nature Reviews Neuroscience, 6(10), 766-774.

Jonas, W., Nissen, E., Ransjö-Arvidson, A. B., & Matthiesen, A. S. (2009). Sustained skin-to-skin contact with newborns: A tool to facilitate infant-mother bonding. Acta Paediatrica, 98(12), 2056-2060.

Karakaş, N. M., & Şahin Dağlı, F. (2019). Bebeklerde bağlanmanın önemi ve etkileyen etmenler. Türk Pediatri Arşivi, 54(2), 76–81. https://doi.org/10.14744/TurkPediatriArs.2018.80269

Klaus, M. H., & Kennell, J. H. (1976). Maternal-Infant Bonding. Mosby.

Korucu, T., Akın, S., & Karahan, G. (2017). Anne Bebek Bağlanmasını Etkileyen Faktörler: Literatür İncelemesi. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 2(2), 11-18.

Kozikoğlu, D., & Durmaz, M. (2020). Prematüre Bebeklerde Ebeveyn-Bebek Bağlanmasını Etkileyen Faktörler. Journal of Human and Health Sciences, 3(2), 22-31.

Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: Cracking the speech code. Nature Reviews Neuroscience, 5(11), 831-843.

Lester, B. M., Hawes, K., & Peucker, M. (2004). Neonatal intensive care unit (NICU) environmental stress and neurobehavioral development. Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 25(6), 464-469.

Mikulincer, M., & Shaver, P. R. (2016). Attachment in Adulthood: Structure, Dynamics, and Change. Guilford Press.

Miles, M. S., & Funk, E. M. (2015). Sources of parental stress in the neonatal intensive care unit. Journal of Pediatric Nursing, 30(2), 209-217.

Moe, B. A. (2012). Parental stress and the NICU: The role of attachment and social support. Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing, 41(6), 760-771.

Moon, C., Cooper, R. P., & Fifer, W. P. (1993). Two-day-olds prefer their native language. Infant Behavior and Development, 16(4), 495-500.

Moore, E. R., Bergman, N., Anderson, G. C., & Medley, N. (2016). Early skin-to-skin contact for mothers and their healthy newborn infants. Cochrane Database of Systematic Reviews, (11), Article CD003519. https://doi.org/10.1002/14651858.CD003519.pub4

Nyqvist, K. H., et al. (2010). State of the Science: Kangaroo Mother Care: An Evidence-Based Guide for the Newborn Intensive Care Unit. Newborn and Infant Nursing Reviews, 10(1), e1-e12.

Panksepp, J., & Biven, L. (2012). The Archaeology of Mind: Neuroevolutionary Origins of Human Emotions. W. W. Norton & Company.

Partanen, E., Kujala, T., Näätänen, R., Liitola, A., Sambeth, A., & Huotilainen, M. (2013). Prenatal auditory exposure to a melody affects postnatal neural responses. PloS One, 8(5), e64249.

Selin, E., & Güzeldere, E. (2014). Neonatal Yoğun Bakım Ünitesinde Anne-Bebek Bağlanması. Gülhane Tıp Dergisi, 56(2), 121-125.

Striano, T., & Reid, V. M. (2006). Social cognition in the first year. Trends in Cognitive Sciences, 10(10), 471-476.

Trehub, S. E. (2003). The developmental origins of musicality. Nature Reviews Neuroscience, 6(7), 669-673.

Trevarthen, C. (2001). Intrinsic motilities: A case for a neurophysiology of emotion and the development of a 'subjective science'. In J. A. P. N. A. Schore (Ed.), Affect regulation and the origin of the self: The neurobiology of emotional development (pp. 317–380). Erlbaum.

Turan, T., & Çavdar, B. (2017). Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Aile Katılımı. Tıp Bilimleri Araştırma Dergisi, 9(1), 1-6.

UNICEF (2022a). Global annual results report 2021: Every child survives and thrives (Goal Area 1 – maternal and newborn health). Author.

UNICEF. (2022b). Nurturing care for early childhood development: A global framework for action. Author.

Uvnäs-Moberg, K. (2005). Role of the oxytocin system in mother-infant interaction. Acta Physiologica, 183(2), 163-172.

Watling, D., & Hetherington, S. (2011). The lived experience of mothers whose infants are admitted to the neonatal intensive care unit. Journal of Clinical Nursing, 20(21-22), 3149-3158.

Widström, A. M., Brimdyr, K., Svensson, K., Cadwell, K., Nissen, E., & Stadin, J. (2019). Skin-to-skin contact the first hour after birth, underlying implications and clinical practice. Acta Paediatrica, 108(7), 1192–1204. https://doi.org/10.1111/apa.14754

World Health Organization (WHO). (2003). Kangaroo mother care: A practical guide. WHO Press.

World Health Organization. (2004). Kangaroo mother care: A health worker's guide to caring for the low-birth-weight infant. Author.

WHO (World Health Organization). (2018). Recommendations for care of the preterm and low-birth-weight infant. Author.

WHO (World Health Organization). (2022). Guideline: skin-to-skin contact for newborns and their mothers. Author.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DİSSEMİNE İNTRAVASKÜLER KOAGÜLASYON VE EKLAMPSİ SONRASI AKONDROPLAZİ TANISI ALAN BİR GEBEDE FONKSİYONEL İYİLEŞME SÜRECİ: OLGU SUNUMU

Dr. Öğr. Üyesi Hatice CETİN
Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi
ORCID: 0000-0001-8488-5763

Dicle KARAKAYA-SARIKAYA
Hacettepe Üniversitesi, Nörolojik Bilimler ve Psikiyatri Enstitüsü
ORCID: 00000-0003-1939-6802

ÖZET
Bu olgu sunumu, akondroplazili gebe bir kadının dissemine intravasküler koagülasyon ve eklampsi sonrası cerrahi müdahalelerini ve fonksiyonel iyileşme sürecini incelemeyi amaçlamaktadır. Akondroplazili 29 yaşında gebe kadın hasta, yaygın damar içi pıhtılaşma ve eklampsi nedeniyle akut subdural hematom ve orta hat kayması sonrasında acil dekompresif kraniyektomi ve sezaryen ameliyatı geçirmiştir. Ameliyat sonrası hasta, ağır koma durumunda olup perkütan endoskopik gastrostomi tüpü yerleştirilmesi, trakeotomi ve daha sonra kranioplasti gibi yoğun tıbbi müdahalelere ihtiyaç duydu. Hasta, hem bilişsel hem de fiziksel bozukluklara odaklanan yoğun bir rehabilitasyon programına alındı. Rehabilitasyon süreci boyunca hasta, hem motor hem de bilişsel fonksiyonlarında anlamlı iyileşmeler gösterdi. Başlangıçta tamamen bağımlı olan hasta, zamanla bazı günlük işlerini bağımsız olarak gerçekleştirme yeteneği kazandı ve bilişsel yeteneklerinde önemli gelişmeler kaydetti. Bu ilerlemeler, beynin dominant sol yarım küresinin ciddi şekilde etkilenmiş olmasına rağmen dikkat çekiciydi. Bu olgu, akondroplazi ve ciddi nörolojik bozuklukları içeren karmaşık vakaların yönetiminde özelleştirilmiş rehabilitasyon programlarının ve multidisipliner yaklaşımın kritik rolünü vurgulamaktadır. Gözlemlenen dikkate değer iyileşme, sağlık profesyonellerine değerli bilgiler sunmakta ve kapsamlı bakım stratejileriyle olumlu sonuçlar elde etme potansiyelini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: nöroşirürji, rehabilitasyon, akondroplazi, gebelik.

FUNCTIONAL RECOVERY PROCESS IN A PREGNANT DIAGNOSED WITH ACHONDROPLASIA AFTER ECLAMPSIA BY DISSEMINATED INTRAVASCULAR COAGULATION: CASE REPORT

ABSTRACT
This case report aims to examine the surgical interventions and functional recovery of a pregnant patient with achondroplasia, complicated by disseminated intravascular coagulation (DIC) and eclampsia. We report the case of a 29-year-old pregnant woman with achondroplasia who was diagnosed with acute subdural hematoma and midline shift, necessitating an emergency decompressive craniectomy and cesarean section. Post-surgery, the patient was in a severe coma state and required intensive medical interventions including percutaneous endoscopic gastrostomy tube insertion, tracheotomy, and later, cranioplasty. She was enrolled in an intensive rehabilitation program focusing on both cognitive and physical impairments. Over the course of rehabilitation, the patient exhibited significant improvements in both motor and cognitive functions. Initially fully dependent, she progressed to performing some daily tasks independently and demonstrated enhanced cognitive abilities.

These advancements were particularly noteworthy given the severe initial impairment and the involvement of the dominant left hemisphere of the brain. This case underscores the critical role of tailored rehabilitation programs and a multidisciplinary approach in managing complex cases involving achondroplasia and severe neurological impairments. The remarkable recovery observed provides valuable insights for healthcare professionals and highlights the potential for positive outcomes with comprehensive care strategies.

Keywords: neurosurgery, rehabilitation, achondroplasia, pregnancy

SEREBRAL PALSİ'DE CYBERDYNE TEKNOLOJİSİNİN YÜRÜME PARAMETRELERİ, MOBİLİTE VE KABA MOTOR FONKSİYON ÜZERİNE ETKİSİ – VAKA RAPORU

Zeynep KOCA
Cybernicx Health and Technology Company Center
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0003-3836-3010

Seval KUTLUTÜRK YIKILMAZ
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0001-9120-7071

ÖZET
Amaç: Son yıllarda robotik rehabilitasyon uygulamalarından Cyberdyne teknolojisi etkili ve yenilikçi bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, diplejik spastik SP'li olguda Cyberdyne teknolojisinin yürüme, mobilite ve kaba motor fonksiyon üzerine etkisini incelemektir.
Yöntem: Çalışma Şubat-Mart 2024 tarihleri arasında İstanbul Cyber Robotic Center'de yapılmıştır. Diplejik spastik SP'li tanılı 8 yaşındaki kız olguya haftada beş gün, günde bir saat olmak üzere bir ay süresince Cyberdyne robotları ile yürüme rehabilitasyonu uygulandı. Tedavi öncesi (TÖ) ve sonrasında (TS) kaba motor fonksiyon skalası (KMFS), Gillette fonksiyonel yürüme değerlendirme anketi, fonksiyonel mobilite testi, 6 dakika yürüme testi ve yürüme analizi TecnoBody Walker View cihazı kullanılarak yapıldı.
Bulgular: Tedavi sonrası sağ kalça fleksiyon eklem hareket açıklığında (EHA) %40,65 ve sol kalça fleksiyon EHA %22,77 arttı. Sağ diz fleksiyon EHA %323,38 artış ve sol diz fleksiyon EHA %319,86 arttı. Yürüme hızı %100, yürüme mesafesi %220, kadans %4,87, sağ adım uzunluğu %73,68 ve sol adım uzunluğu %55 arttı. Aynı zamanda yerle temas süresi sağ ayak için %17,02 azalırken, sol ayak için %7,14 azalarak iki ayakta eşitlendi. KMFS TÖ 2 iken TS 1'e, Gillette fonksiyonel yürüme değerlendirme anketi TÖ 3 iken TS 9'a, fonksiyonel mobilite testi TÖ 4 iken TS 6'ya ve 6 dakika yürüme testi TÖ 18 metreyken TS 96 metreye arttı.
Sonuç: Cyberdyne robotu ile uygulanan yürüme rehabilitasyonunun, SP'li olguda kaba motor fonksiyon, mobilite ve yürüme paternini iyileştirdiği bulundu. Elde edilen bulgular, Cyberdyne sisteminin SP'li bireylerde etkin bir rehabilitasyon aracı olabileceğini düşündürmektedir.
Anahtar Kelimeler: Serebral palsi, cyberdyne, yürüme, teknoloji

THE EFFECT OF CYBERDYNE TECHNOLOGY ON GAIT PARAMETERS, MOBILITY, AND GROSS MOTOR FUNCTION IN CEREBRAL PALSY: A CASE REPORT

ABSTRACT
Objective: In recent years, Cyberdyne technology has emerged as an effective and innovative approach in robotic rehabilitation. This study aimed to examine the effects on gait, mobility, and gross motor function in a patient with diplegic spastic cerebral palsy (CP).

Methods: The study was conducted between February and March 2024 at the Istanbul Cyber Robotic Center.An 8-year-old female diagnosed with diplegic spastic CP.Rehabilitation using Cyberdyne robots for one hour per day,five days a week,a period of one month.Assessments were performed before (pre-treatment, PT) and after (post-treatment, PoT) the intervention,including the Gross Motor Function Classification System(GMFCS),Gillette Functional Assessment Questionnaire(FAQ),Functional Mobility Test(FMT),6-Minute Walk Test(6MWT),gait analysis using the TecnoBody Walker View system.
Results: After treatment, right hip flexion range of motion(ROM) increased by 40.65% and left hip flexion ROM by 22.77%. Right knee flexion ROM improved by 323.38% and left knee flexion ROM by 319.86%. Gait speed increased by 100%,walking distance by 220%,cadence by 4.87%,right step length by 73.68%, and left step length by 55%. Ground contact time decreased by 17.02% for the right foot and 7.14% for the left foot,achieving bilateral symmetry. GMFCS improved from Level 2(PT) to Level 1(PoT), FAQ score from 3 to 9,FMT score from 4 to 6,and 6MWT distance from 18 m to 96 m.
Conclusion: Gait rehabilitation with Cyberdyne technology improved gross motor function,mobility,gait patterns in the CP patient. These findings suggest that the Cyberdyne system may serve as an effective rehabilitation tool for individuals with CP.
Keywords: Cerebral palsy, Cyberdyne, gait, technology

DİSPNESİ DEVAM EDEN POST-COVID-19 BİREYLERDE TEK NEFES SAYIMI İLE SOLUNUM FONKSİYON TESTİ PARAMETRELERİ, SOLUNUM KAS KUVVETİ VE DİSPNE DÜZEYİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Dr. Öğretim Üyesi Canan DEMİR
Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü
ORCID: 0000-0002-0891-083XV

Doç. Dr. Cihan Caner AKSOY
Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü
ORCID: 0000-0003-0538-3613

Doç. Dr. Gülhan YILMAZ GÖKMEN
Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü
ORCID: 0000-0002-0468-7036

Doç. Dr. Dilber DURMAZ
Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri Bölümü
ORCID: 0000-0001-5193-4469

ÖZET

Bu çalışmada, post-COVID-19 dönemde kalıcı dispnesi olan bireylerde tek nefes sayımı (TNS) ile solunum fonksiyon testi (SFT) parametreleri, solunum kas kuvveti ve dispne düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemek amaçlanmıştır. Çalışmaya yaşları 20 –72 arasında değişen 45 birey (kadın: n=32, %71.1; erkek: n=13, %28.9; ortalama yaş: 45.60 ± 4.34 yıl; BKİ: 25.57 ± 1.34 kg/m²) dahil edilmiştir. Katılımcılar yüz yüze değerlendirilmiştir. Solunum fonksiyonları TNS, SFT ve solunum kas kuvveti ölçümleriyle değerlendirilmiş, dispne düzeyleri ise modifiye Medical Research Council (mMRC) dispne skalası ile belirlenmiştir. Katılımcılara COVID-19 tanısı konulmasının üzerinden geçen ortalama süre 67.13 ± 8.48 gün, sigara öyküsü ise 23.80 ± 5.12 paket-yıl olarak bulunmuştur. Ortalama dispne düzeyi 2.40 ± 0.13 ve TNS değeri 25.47 ± 3.75'tir. Beklenen SFT değerleri FEV1 %87.20 ± 2.58, FVC %88.60 ± 3.89, FEV1/FVC %83.07 ± 2.07 ve PEF %62.53 ± 5.57'dir. Solunum kas kuvveti değerleri ise MIP %89.13 ± 11.99 ve MEP %80.27 ± 8.12'dir. Kadın katılımcılarda TNS ile FEV1 ($r=0.376$, $p=0.034$) ve PEF ($r=0.355$, $p=0.046$) arasında pozitif korelasyon bulunurken; erkeklerde ve toplam örneklemde anlamlı ilişki saptanmamıştır ($p>0,05$). Post-COVID-19 bireylerde solunum fonksiyonlarının ve dispne düzeylerinin değerlendirilmesi rehabilitasyon planlamasında kritik öneme sahiptir. Standart testler özel ekipman gerektirdiğinden, TNS özellikle post-COVID-19 kadınlarda FEV1 ve PEF değerlendirilmesi için basit, pratik ve maliyet-etkin alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Post-COVID-19, dispne, tek nefes sayımı, solunum fonksiyon testi, solunum kas kuvveti, rehabilitasyon.

THE RELATIONSHIP BETWEEN SINGLE BREATH COUNTING, PULMONARY FUNCTION TEST PARAMETERS, RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH, AND DYSPNEA LEVEL IN POST- COVID-19 INDIVIDUALS WITH PERSISTENT DYSPNEA

ABSTRACT

This study examines the relationship between single breath counting (SBC) and pulmonary function test (PFT) parameters, respiratory muscle strength, and dyspnea level in Post-COVID-19 individuals with persistent dyspnea. Forty-five participants (female: n=32, 71.1%; male: n=13, 28.9%) aged 20–72 years (mean age: 45.60 ± 4.34 years, BMI: 25.57±1.34 kg/m2) were evaluated face-to-face. Pulmonary functions were assessed using SBC, PFT, and respiratory muscle strength measurements. Dyspnea levels were evaluated with the modified Medical Research Council (mMRC) scale. The mean time since COVID-19 diagnosis was 67.13 ± 8.48 days, with a smoking history of 23.80 ± 5.12 pack-years. The mean dyspnea level was 2.40 ± 0.13, and SBC was 25.47 ± 3.75. Expected mean values for FEV1(forced expiratory volume in 1 s), FVC (forced vital capacity), FEV1/FVC, and PEF (peak flow rate) were 87.20 ± 2.58, 88.60 ± 3.89, 83.07 ± 2.07, and 62.53 ± 5.57, respectively. Expected MIP (maximal inspiratory pressure) and MEP (maximal expiratory pressure) were 89.13 ± 11.99 and 80.27 ± 8.12. A positive correlation was found between SBC and FEV1 ($r=0.376$, $p=0.034$) and PEF ($r=0.355$, $p=0.046$) in females, but no significant relationship was observed in males or the total sample ($p>0.05$). Assessing pulmonary function and dyspnea in post-COVID individuals is crucial for rehabilitation planning. Given the need for specialized equipment in standard tests, SBC may be a simple, practical, and cost- effective alternative for evaluating FEV1 and PEF in post-COVID-19 women.

Keywords: Post-COVID-19, dyspnea, single breath counting, pulmonary function test, respiratory muscle strength, rehabilitation.

GİRİŞ

Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan şiddetli akut solunum yolu sendromu Koronavirüs 2 (SARS-CoV-2), COVID-19 küresel pandemisine dönüşmüştür (DSÖ, 2020). Klinik uzmanlık alanlarının çoğunda patoloji, immünoloji, fizyoloji ve viroloji üzerine çok sayıda yayınla yakın tıp tarihinde en çok incelenen enfeksiyonlardan biri haline gelmiştir (Stockley ve diğerleri, 2021).

COVID-19 pandemisi, 2019 yılının sonlarında ortaya çıkmış ve dünya genelinde hızla yayılmıştır. Hastalık, akut dönemde mortalite ve morbidite oranlarıyla önemli bir küresel sağlık sorunu oluşturmuş, post-akut dönemde ise birçok bireyde kalıcı semptomların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Nalbandian ve diğerleri, 2021). Bu semptomlar arasında en sık bildirilenlerden biri dispnedir.

Semptomların 12 haftadan uzun süre devam ettiği Post COVID-19 döneminde kalıcı dispne sendromunun bireylerin yaşam kalitesini ve fonksiyonel kapasitelerini olumsuz etkilediği farklı çalışmalarda bildirilmektedir (Garrigues ve diğerleri, 2020; Carfi ve diğerleri, 2020).

Post-COVID-19 dönemde görülen dispnenin, yalnızca akciğer parankim hasarına değil, aynı zamanda solunum kas kuvvetinde azalmaya, egzersiz intoleransına ve psikososyal faktörlere de bağlı olabileceği literatürde bildirilmektedir (Torres-Castro ve diğerleri, 2021). Bu nedenle post-COVID-19 bireylerde solunum fonksiyonlarının ve dispne düzeylerinin çok boyutlu olarak değerlendirilmesi, rehabilitasyon programlarının planlanmasında kritik öneme sahiptir.

Solunum fonksiyon testleri (SFT), klinikte yaygın olarak kullanılan ve akciğer fonksiyonlarını objektif olarak değerlendiren standart bir yöntemdir (Miller ve diğerleri, 2005; Pellegrino ve diğerleri, 2005; Quanjer ve diğerleri, 1993). Zorlu ekspiratuar hacim (FEV1), zorlu vital kapasite (FVC), FEV1/FVC oranı ve pik ekspiratuar akım (PEF) gibi parametreler, özellikle obstrüktif ve restriktif akciğer hastalıklarının tanı ve takibinde kullanılmaktadır (Gibson ve diğerleri, 2013). Bununla birlikte, solunum fonksiyon testleri özel ekipman gerektirmekte, uygulayıcı personel eğitimine ihtiyaç duyulmaktadır. Değerlendirme yapılacak bireylerin testi doğru gerçekleştirmesi zaman alıcı olabilmekte ve özellikle klinik koşullarında veya düşük mali kaynaklara sahip merkezlerde uygulanması sınırlı olabilmektedir.

Alternatif bir yöntem olarak kullanılan Tek Nefes Sayımı (TNS, Single Breath Counting (SBC)), bireyden maksimum inspirasyon sonrasında tek bir ekspirasyonda olabildiğince sayması istenerek uygulanır. TNS, basit, hızlı, ucuz her ortamda kolaylıkla uygulanabilir bir yöntem olması nedeniyle son yıllarda klinik uygulama ve çalışmalarda giderek daha fazla araştırılmaktadır (Delmondes ve diğerleri, 2023)

COVID-19 sonrası bireylerde dispne düzeyi ile solunum fonksiyonları arasındaki ilişkiyi değerlendiren çalışmalar giderek artmaktadır. Ancak TNS'nin post-COVID dönemde solunum fonksiyon testi parametreleri ve solunum kas kuvveti ile ilişkisini araştıran çalışmalar sınırlıdır. Mevcut literatürde, TNS'nin klinik pratikte kullanılabilirliği üzerine yapılan araştırmalar çoğunlukla kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), astım ve nöromüsküler hastalıklar üzerine yoğunlaşmıştır (Longhitano ve diğerleri, 2021)

Bu bağlamda, post-COVID-19 dönemde dispne yaşayan bireylerde TNS'nin SFT parametreleri, solunum kas kuvveti ve dispne düzeyi ile ilişkisini incelemek, hem değerlendirme araçlarının çeşitlendirilmesi hem de pratik ve maliyet-etkin yaklaşımların klinik uygulamalara kazandırılması açısından önemlidir. Ayrıca cinsiyet farklılıklarının da solunum fonksiyonları ve kas kuvveti üzerine etkileri olabileceği göz önünde bulundurulduğunda, kadın ve erkek katılımcılarda TNS'nin diğer parametrelerle korelasyonunun ayrı ayrı incelenmesi literatüre özgün katkılar sağlayacaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Amaç

Bu çalışma, post-COVID-19 dönemde kalıcı (devam eden) dispnesi olan bireylerde tek nefes sayımı (TNS) ile solunum fonksiyon testi (SFT) parametreleri, solunum kas kuvveti ve dispne düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılmıştır.

Evren ve Örneklem

Çalışmanın evrenini, Bandırma'da ikamet eden ve daha önce COVID-19 tanısı alıp iyileşmiş 18–75 yaş arası bireyler oluşturmuştur. Örnekleme dahil edilen bireyler ise, aktif hastalık döneminin bitiminin üzerinden en az iki hafta geçmiş kişilerden seçilmiştir. Katılımcılar, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göğüs Hastalıkları Polikliniği'ne başvuran COVID-19 öyküsü olan bireyler arasından, göğüs hastalıkları uzmanı tarafından yapılan ön değerlendirme ile belirlenmiştir. Çalışmaya alınacak katılımcılar, ardışık örnekleme ve kartopu örnekleme yöntemleri ile seçilmiştir (Balzer ve diğerleri, 2014).

Araştırma, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Uygulama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş olup, veriler Temmuz 2021 – Ağustos 2022 tarihleri arasında toplanmıştır. Araştırma için ilgili etik kuruldan onay alınmıştır. Katılımcılara çalışma hakkında bilgi verilmiş, gönüllü katılım formları imzalatılmıştır.

Çalışmaya alınma kriterleri:
-18–75 yaş aralığında olmak,
- PCR veya Bilgisayarlı Tomografi (BT) ile COVID-19 tanısı almış olmak,
- COVID-19 tedavisinin tamamlanmış olması,
- Sözel komutları anlayıp uygulayabilmek,
- Modifiye Medical Research Council (mMRC) dispne skalasına göre düzey 2 veya 3 dispneye sahip olmak.

Çalışmaya alınmama kriterleri:
- Daha önce COVID-19 geçirmemiş olmak,
- İletişim güçlüğü yaşamak,
- Kronik kardiyak veya solunumsal hastalık öyküsüne sahip olmak,
- Akut dönemde COVID-19 enfeksiyonuna sahip olmak.

Veri Toplama Araçları
Dispne Düzeyi
Katılımcıların dispne şiddeti Modifiye Medical Research Council (mMRC) Dispne Skalası ile değerlendirilmiştir. Skala, 0–4 arası puanlanmakta; "0" dispne yokluğunu, "4" ise günlük aktivitelerde ciddi dispneyi göstermektedir (Mahler & Wells, 1988). mMRC'nin geçerli ve güvenilir olduğu birçok çalışma ile desteklenmiştir (Bestall ve diğerleri, 1999; Bausewein ve diğerleri, 2007; Yürüktümen ve diğerleri, 2009).

Solunum Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi
- Tek Nefes Sayımı (TNS): Katılımcılardan maksimum inspirasyonun ardından, saniyede 2 vuruş olacak şekilde ayarlanmış bir metronom eşliğinde, tek nefeste olabildiğince ileriye doğru saymaları istenmiştir. Test üç kez tekrar edilmiş, en yüksek değer analize alınmıştır. Literatürde TNS'nin yavaş vital kapasite ve akciğer fonksiyonlarını değerlendirmede güvenilir olduğu belirtilmiştir (Escóssio ve diğerleri, 2019; Longhitano ve diğerleri, 2021).
- Solunum Fonksiyon Testi (SFT): Katılımcıların FEV1, FVC, FEV1/FVC ve PEF parametreleri, COSMED Pony FX (İtalya) marka taşınabilir spirometre ile ölçülmüştür. Ölçümler Amerikan Toraks Derneği (ATS) ve Avrupa Solunum Derneği (ERS) kriterlerine uygun olarak yapılmış, her bireyden en az üç tekrar alınmış ve en iyi performans kaydedilmiştir (Miller ve diğerleri, 2005; Pellegrino ve diğerleri, 2005; Quanjer ve diğerleri, 1993).

Solunum Kas Kuvveti
Solunum kas kuvveti ölçümleri, ağız içi basınç cihazı ile maksimum inspiratuar basınç (MIP) ve maksimum ekspiratuar basınç (MEP) değerleri üzerinden yapılmıştır. Bu ölçümler ATS/ERS standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (American Thoracic Society/European Respiratory Society, 2002; Black & Hyatt, 1969).

İstatistiksel Analiz
Veriler, IBM SPSS 23.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Normal dağılım varsayımı Shapiro-Wilk testi ve çarpıklık-basıklık değerleriyle incelenmiştir. Parametrik koşullar sağlandığında Pearson korelasyon, sağlanmadığında ise Spearman korelasyon analizi uygulanmıştır. Tüm testlerde anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Çalışmaya yaşları 20 –72 arasında değişen 45 birey (kadın: n=32, %71.1; erkek: n=13, %28.9; ortalama yaş: 45.60 ± 4.34 yıl; BKİ: 25.57 ± 1.34 kg/m²) dahil edilmiştir. Katılımcılar yüz yüze değerlendirilmiştir. Solunum fonksiyonları TNS, SFT ve solunum kas kuvveti ölçümleriyle değerlendirilmiş, dispne düzeyleri ise modifiye Medical Research Council (mMRC) dispne skalası ile belirlenmiştir. Katılımcılara COVID-19 tanısı konulmasının üzerinden geçen ortalama süre 67.13 ± 8.48 gün, sigara öyküsü ise 23.80 ± 5.12 paket-yıl olarak bulunmuştur (Tablo 1). Ortalama dispne düzeyi 2.40 ± 0.13 ve TNS değeri 25.47 ± 3.75'tir. Beklenen SFT değerleri FEV1 %87.20 ± 2.58, FVC %88.60 ± 3.89, FEV1/FVC %83.07 ± 2.07 ve PEF %62.53 ± 5.57'dir. Solunum kas kuvveti değerleri ise MIP %89.13 ± 11.99 ve MEP %80.27 ± 8.12'dir. Kadın katılımcılarda TNS ile FEV1 (r=0.376, p=0.034) ve PEF (r=0.355, p=0.046) arasında pozitif korelasyon bulunurken; erkeklerde ve toplam örneklemde anlamlı ilişki saptanmamıştır (p>0.05) (Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4).

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri ve Değerlendirilen Parametreler

Değişkenler	**Ort ± Ss**	**Min - max**
Yaş (yıl)	45.60 ± 4.34	20 - 72
VKİ (kg/m^2)	25.57 ± 1.34	20.82 - 34.51
COVID-19 Hastalık Süresi (gün)	16.53 ± 2.76	4 - 45
COVID-19 tanısı üzerinden geçen süre (gün)	67.13 ± 8.48	24 - 125
TNSS	25.47 ± 3.75	12 - 55
FEV1 (%)	87.20 ± 2.58	73 - 102
FVC (%)	88.60 ± 3.89	70 - 108
FEV1/FVC	83.07 ± 2.07	63 - 98
PEF (%)	62.53 ± 5.57	11 - 103
MIP (%)	89.13 ± 11.99	38 - 147
MEP (%)	80.27 ± 8.12	30 - 124
mMRCS	2.40 ± 0.13	2 - 3

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, Min-max: Minimum – maksimum, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, TNSS: Tek Nefes Sayımı Skoru, MİP: Maksimum İnspiratuar Basınç, MEP: Maksimum ekspiratuar basınç, %: Beklenen değere göre yüzde değeri, FEV1: Zorlu ekspirasyon volümü, FVC: Zorlu vital kapasite, PEF: Tepe Akım Hızı, mMRCS: Modifiye Medical Research Council Dispne skalası, kg/m2: Kilogram/metrekare, VKİ: Vücut kitle indeksi

Tablo 2. Tek Nefes Sayımı ile Solunum Fonksiyon Testi Parametreleri, Solunum Kas Kuvveti ve Dispne Düzeyi Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları (Kadın Katılımcılar)

Korelasyon Testi (Spearmen's)	Ort.	Ss	TNSS	FEV1 (%)	FVC (%)	FEV1/ FVC	PEF (%)	MIP (%)	MEP (%)	MR CS
TNSS	23.31	6.15								
FEV1 (%)	93.84	12.73	0.376*							
FVC (%)	97.50	8.15	0.226	0.826**						
FEV1/FVC	82.18	7.31	0.213	0.186	-0.304					
PEF (%)	69.84	13.92	0.355*	0.547**	0.304	0.458**				
MIP (%)	93.65	21.96	0.172	0.285	0.100	0.381*	0.371*			
MEP (%)	78.43	31.92	0.243	0.293	0.105	0.368	0.463**	0.797**		
mMRCS	2.44	0.56	0.180	-0.063	-0.126	0.204	0.195	0.336	0.364*	

***p<0.05 **p<0.01**

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, Min-max: Minimum – maksimum, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, TNSS: Tek Nefes Sayımı Skoru, MİP: Maksimum İnspiratuar Basınç, MEP: Maksimum ekspiratuar basınç, %: Beklenen değere göre yüzde değeri, FEV1: Zorlu ekspirasyon volümü, FVC: Zorlu vital kapasite, PEF: Tepe Akım Hızı, mMRCS: Modifiye Medical Research Council Dispne skalası, kg/m2: Kilogram/metrekare, VKİ: Vücut kitle indeksi

Tablo 3. Tek Nefes Sayımı ile Solunum Fonksiyon Testi Parametreleri, Solunum Kas Kuvveti ve Dispne Düzeyi Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları (Erkek Katılımcılar)

Korelasyon Testi (Spearmen's)	Ort.	Ss	TNSS	FEV1 (%)	FVC (%)	FEV1/ FVC	PEF (%)	MIP (%)	MEP (%)	MRC S
TNSS	25.38	5.78								
FEV1 (%)	87.15	7.30	-0.324							
FVC (%)	85.38	11.57	0.339	0.602*						
FEV1/FVC	82,77	5.39	0.341	-0.014	-0.708**					
PEF (%)	78.23	11.41	0.143	0.586*	0.440	0.171				
MIP (%)	81.23	8.81	-0.203	0.288	0.300	-0.141	0.176			
MEP (%)	88.15	9.67	-0.035	0.180	0.055	0.083	-0.003	0.446		
mMRCS	2.31	0.48	-0.246	-0.134	-0.401	0.581*	0.178	-0.312	0.112	

***p<0.05 **p<0.01**

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, Min-max: Minimum – maksimum, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, TNSS: Tek Nefes Sayımı Skoru, MİP: Maksimum İnspiratuar Basınç, MEP: Maksimum ekspiratuar basınç, %: Beklenen değere göre yüzde değeri, FEV1: Zorlu ekspirasyon volümü, FVC: Zorlu vital kapasite, PEF: Tepe Akım Hızı, mMRCS: Modifiye Medical Research Council Dispne skalası, kg/m2: Kilogram/metrekare, VKİ: Vücut kitle indeksi

Tablo 4. Tek Nefes Sayımı ile Solunum Fonksiyon Testi Parametreleri, Solunum Kas Kuvveti ve Dispne Düzeyi Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları (Tüm Katılımcılar)

Korelasyon Testi (Spearmen's)	TNSS	FEV1 (%)	FVC (%)	FEV1/ FVC	PEF (%)	MIP (%)	MEP (%)	MRC S
TNSS								
FEV1 (%)	0.166							
FVC (%)	0.173	0.845**						
FEV1/FVC	-0.105	0.150	-0.353*					
PEF (%)	0.195	0.499**	-0.298*	0.315*				
MIP (%)	0.008	0.331*	0.214	0.148	0.223			
MEP (%)	0.099	0.279	0.113	0.198	0.420**	0.677**		
mMRCS	0.147	-0.060	-0.183	0.294	0.178	0.221	0.214	

***p<0.05 **p<0.01**

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, Min-max: Minimum – maksimum, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, TNSS: Tek Nefes Sayımı Skoru, MİP: Maksimum İnspiratuar Basınç, MEP: Maksimum ekspiratuar basınç, %: Beklenen değere göre yüzde değeri, FEV1: Zorlu ekspirasyon volümü, FVC: Zorlu vital kapasite, PEF: Tepe Akım Hızı, mMRCS: Modifiye Medical Research Council Dispne skalası, kg/m2: Kilogram/metrekare, VKİ: Vücut kitle indeksi

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada post-COVID-19 dönemde kalıcı dispnesi olan bireylerde tek nefes sayımı (TNS) ile solunum fonksiyonu, solunum kas kuvveti ve dispne düzeyi arasındaki ilişkiler incelendi. Bulgularımız, özellikle kadın katılımcılarda TNS'nin FEV1 ve PEF ile anlamlı ve pozitif yönde ilişkili olduğunu; erkeklerde ve toplam örneklemde ise ilişkinin belirgin olmadığını gösterdi. Bu sonuç, TNS'nin düşük kaynaklı ortamlarda pratik ve maliyet-etkin bir tarama/değerlendirme aracı olarak klinik kullanım potansiyelini desteklemektedir. Post-COVID dönemin çok boyutlu semptom yükü (örn. dispne, egzersiz intoleransı) göz önüne alındığında, hızlı uygulanabilen ve ekipman gerektirmeyen ölçümlerin değeri, kılavuz ve derleme niteliğindeki güncel çalışmalar tarafından da vurgulanmaktadır (Nalbandian ve diğerleri, 2021; Guinto ve diğerleri, 2023).

COVID-19 sonrası hastalarda FEV1/FVC ve özellikle PEF gibi parametrelerde bozulma bildiren çok sayıda çalışma mevcuttur; bu bozulmalar hastalığın ciddiyeti, kalıcı radyolojik bulgular ve semptomlarla ilişkili olabilir. Sistematik derlemeler ve kohort izlem çalışmaları, ilk yıl içinde akciğer fonksiyonlarının kısmen toparlandığını, ancak bir alt grupta persistan anormalliklerin sürdüğünü göstermiştir (Guinto ve diğerleri, 2023; Chen ve diğerleri, 2022; Iversen ve diğerleri, 2025; Chai ve diğerleri, 2024). Bulgularımızda beklenenin %80'i üzerindeki FEV1/FVC ortalamaları, örneklemimizin akut dönemi atlatmış ve görece hafif-orta etkilenmiş bir grubu yansıtmasından kaynaklı olabilir; bununla birlikte PEF'in görece düşük kalması, hava yolu akım hızlarını sınırlayan sekellerin göstergesi olarak yorumlanabilir (Guinto ve diğerleri, 2023; Chai ve diğerleri, 2024).

Son yıllarda TNS/Single-Breath Counting (SBC) testi; solunum fonksiyonunu taramada duyarlı**,** uygulaması kolay bir ölçüm olarak öne çıkmaktadır. 2024 tarihli kapsamlı bir derleme, SBC'nin erişkinlerde akciğer fonksiyonlarını değerlendirmede yüksek duyarlılığa sahip olduğunu ve kaynak kısıtlı ortamlarda uygulanabilirliğini vurgular (Bhandari ve diğerleri, 2024). Klinik örneklemlerde SBC protokolünün standartlanmasına yönelik ayrıntılı yöntem önerileri ve geçerlik çalışmaları da artmaktadır (Dishnica ve diğerleri, 2023; Klein ve diğerleri, 2023). Ayrıca COVID-19 pnömonisinde SBC'nin erken dönemde non-invaziv solunum desteği gereksinimini öngörebildiğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Longhitano ve diğerleri, 2021). Bu literatür, TNS'nin post-COVID bireylerde saha taraması **ve** ilk-basamak değerlendirmesi için uygun bir aday olduğunu destekler niteliktedir; çalışmamızdaki kadın-spesifik korelasyon bulguları bu çerçevede klinik açıdan anlamlıdır.

TNS'nin yalnızca kadınlarda FEV1 ve PEF ile anlamlı ilişki göstermesinin birkaç olası açıklaması vardır. Birincisi, cinsiyete bağlı anatomi ve fizyoloji**:** kadın ve erkeklerde göğüs duvarı mekanikleri, akciğer hacimleri, akım-basınç ilişkileri ve solunum kaslarının yorgunluk özellikleri farklıdır; kadınlarda diyaframın yorgunluğa daha dirençli olabileceği, solunum kas enduransının nispeten yüksek seyredebileceği bildirilmiştir (LoMauro ve Aliverti, 2018; Beltrami ve diğerleri, 2023). İkincisi, post-COVID sendromunda egzersiz kapasitesi ve kardiyopulmoner yanıtların cinsiyete göre farklılaşabildiğini gösteren çalışmalar, semptom-fonksiyon ilişkisinin kadınlarda daha belirgin ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir (Garbsch ve diğerleri, 2024). Üçüncüsü, solunum kas kuvvetinin (MIP/MEP) yaş, boy ve kas iskelet özellikleri ile karmaşık ilişkileri vardır; 2024 tarihinde geniş veri setleri üzerinde yapılan bir çalışmada bu belirleyicilerin cinsiyetle etkileştiği gösterilmiştir (Helt ve diğerleri, 2024). Bu bütüncül çerçeve, TNS-spirometri ilişkilerinin cinsiyet duyarlı yorumlanması gerektiğine işaret etmektedir.

Post-COVID hastalarda solunum kas kuvvetinde azalma (MIP/MEP) ve dispne arasındaki ilişki, çoklu faktörlerin etkisi altında şekillenir. Güncel sistematik derleme ve meta-analizler, solunum kas eğitimi uygulamalarının MIP/MEP, egzersiz kapasitesi ve yaşam kalitesi üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını rapor etmektedir (Xavier ve diğerleri, 2024). Klinik araştırmalar bu bulguları desteklemekte; post-COVID rehabilitasyon protokollerine solunum kas eğitimini entegre etmenin rasyonel olduğunu düşündürmektedir (Chen ve diğerleri, 2022). Çalışmamızda TNS'nin, özellikle kadınlarda FEV_1 ve PEF'i yansıtabilmesi, rehabilitasyon öncesi-sonrası hızlı izlem için kullanılabilir bir "fonksiyonel parmak izi" sağlamaya aday olabileceğini düşündürmektedir.

TNS'nin standardizasyonu (oturuş pozisyonu, sayma ritmi, dil, metronom kullanımı) ölçüm güvenilirliğini etkileyebilir; yeni çalışmalar bu ayrıntılara ilişkin protokol netliği önermektedir (Dishnica ve diğerleri, 2023). Longitudinal izlem çalışmaları, COVID-19 sonrası akciğer fonksiyonlarının bir bölümünde 12–36 ayda toparlanma olduğunu; ancak bazı bireylerde sekellerin sürdüğünü göstermektedir (Iversen ve diğerleri, 2025; Ippoliti ve diğerleri, 2025). Bu nedenle TNS, saha koşullarında seri ölçümler ile birlikte kullanıldığında, klinik akışta spirometre erişimi kısıtlı olan merkezlerde değerli bir değerlendirme aracı olabilir.

Çalışmamızın güçlü yönleri ve kısıtlılıklar

Çalışmamızın güçlü yanı, post-COVID dispneli bireylerde TNS-spirometri ilişkisini cinsiyet alt gruplarında incelemesidir; literatürde bu özgül karşılaştırmayı rapor eden çalışma sayısı sınırlıdır. Kısıtlılıklar arasında örneklem büyüklüğü ve erkek sayısının görece azlığı yer almaktadır; bu durum istatistiksel gücü sınırlamış olabilir. Ayrıca kesitsel tasarım, TNS'nin zaman içindeki değişimlere duyarlılığını test etmeye izin vermemiştir.

Gelecek çalışmalarda çok merkezli, yeterli güçte ve longitudinal tasarımlar yapılması literatüre ve klinik uygulamalara katkı sunabilir; TNS'nin rehabilitasyon yanıtını yordamadaki değeri solunum kas eğitimi programlarıyla birlikte değerlendirilmelidir (Xavier ve diğerleri, 2024; Chen ve diğerleri, 2022).

KAYNAKLAR

American Thoracic Society/European Respiratory Society (2002b). ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 166(*4), 518–624.

Balzer, K., Kremer, L., Junghans, A., Halfens, R. J. G., Dassen, T., ve Kottner, J. (2014). What patient characteristics guide nurses' clinical judgement on pressure ulcer risk? A mixed methods study. *International Journal of Nursing Studies*, *51*(5), 703-716. ,

Bausewein, C., Farquhar, M., Booth, S., Gysels, M., ve Higginson, I. J. (2007). Measurement of breathlessness in advanced disease: a systematic review. *Respiratory Medicine*, *101*(3), 399-410.

Beltrami, F. G., ve diğerleri (2023). Sex differences in quadriceps and inspiratory muscle function. *Journal of Science and Medicine in Sport.*

Bestall, J. C., Paul, E. A., Garrod, R., Garnham, R., Jones, P. W., ve Wedzicha, J. (1999). Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scaleas a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Thorax, 54(7), 581-586.

Bhandari, S. K., Bist, A., & Ghimire, A. (2024). Single breath count test and its applications in clinical practice: a systematic review. Annals of Medicine and Surgery, *86*(4), 2130-2136.

Black, L. F. ve Hyatt, R. E. (1969). Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis, 99*(5), 696-702

Carfì, A., Bernabei, R., & Landi, F. (2020). Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. Jama, *324*(6), 603-605.

Chai, C. S., Bin Ibrahim, M. A., Binti Azhar, N. A., Binti Roslan, Z., Binti Harun, R., Krishnabahawan, S. L., ... & Bin Abdul Rani, M. F. (2024). Post-discharge spirometry evaluation in patients recovering from moderate-to-critical COVID-19: A cross-sectional study. Scientific Reports, *14*(1), 16413.

Chen, H., Shi, H., Liu, X., Sun, T., Wu, J., & Liu, Z. (2022). Effect of pulmonary rehabilitation for patients with post-COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in medicine, *9*, 837420.

Delmondes, G. M. B., Couto, N. F. S., Junior, M. G. A. C., da Silva Bonifácio, A. B., de Freitas Dias, R., Bezerra, J., ... & Junior, M. A. D. V. C. (2023). Single breath counting technique to assess pulmonary function: a systematic review and meta-analysis. Journal of Breath Research, *18*(1), 014001.

Dishnica, N., Vuong, A., Xiong, L., Tan, S., Kovoor, J., Gupta, A., ... & Bacchi, S. (2023). Single count breath test for the evaluation of respiratory function in myasthenia gravis: a systematic review. Journal of Clinical Neuroscience, *112*, 58-63.

Escóssio, A. L., Araújo, R. C. D., Oliver, N., Costa, E. C., Rizzo, J. Â., Sarinho, E. S. C., ... & Correia Junior, M. A. D. V. (2019). Accuracy of single-breath counting test to determine slow vital capacity in hospitalized patients. Revista CEFAC, *21*, e2119.

Garbsch, R., Schäfer, H., Kotewitsch, M., Mooren, J. M., Waranski, M., Teschler, M., ... & Schmitz, B. (2024). Sex-specific differences of cardiopulmonary fitness and pulmonary function in exercise-based rehabilitation of patients with long-term post-COVID-19 syndrome. BMC medicine, 22(1), 446.

Garrigues, E., Janvier, P., Kherabi, Y., Le Bot, A., Hamon, A., Gouze, H., ... & Nguyen, Y. (2020). Post-discharge persistent symptoms and health-related quality of life after hospitalization for COVID-19. Journal of Infection, 81(6), e4-e6.

Gibson, G. J., Loddenkemper, R., Lundback, B., & Sibille, Y. (2013). Respiratory Health and Disease in Europe.

Guinto, E., Gerayeli, F. V., Eddy, R. L., Lee, H., Milne, S., & Sin, D. D. (2023). Post-COVID-19 dyspnoea and pulmonary imaging: a systematic review and meta-analysis. European Respiratory Review, *32*(169).

Helt, T. W., Christensen, J., Berg, R. M., Lund, T. K., Kalhauge, A., Rönsholt, F., ... & Mortensen, J. (2024). Maximal respiratory pressure after COVID-19 compared with reference material in healthy adults: A prospective cohort study (The SECURe study). Physiological Reports, *12*(17), e16184.

Ippoliti, L., Coppeta, L., Bizzarro, G., Ferrari, C., Mazza, A., Paolino, A., ... & Magrini, A. (2025). Long-Term Pulmonary Function in Healthcare Workers: A Spirometric Evaluation Three Years Post-COVID-19 Pandemic. Biomedicines, *13*(8), 1809.

Iversen, K. K., Roldgaard, M. S., Konstantinidis, I., Lindhardt, M. S., Ahlström, M. G., Morris, A., ... & Benfield, T. (2025). Recovery of lung function during the first year after COVID-19: a systematic review and meta-analysis. European Respiratory Review, *34*(177).

Klein, E., Dräger, B., & Boentert, M. (2023). Validation of the single breath count test for assessment of inspiratory muscle strength in healthy subjects and people with neuromuscular disorders. Journal of Neuromuscular Diseases, *10*(2), 251-261.

Longhitano, Y., Zanza, C., Romenskaya, T., Saviano, A., Persiano, T., Leo, M., ... & Racca, F. (2021). Single-breath counting test predicts non-invasive respiratory support requirements in patients with COVID-19 pneumonia. Journal of Clinical Medicine, *11*(1), 179.

LoMauro, A., & Aliverti, A. (2018). Sex differences in respiratory function. Breathe, *14*(2), 131-140.

Mahler, D. A., ve Wells, C. K. (1988). Evaluation of clinical methods for rating dyspnea. *Chest, 93*(3), 580-586.

Miller, M. R., Crapo, R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., ... Wanger, J. (2005). General considerations for lung function testing. European Respiratory Journal*, 26*(1), 153-161.

Nalbandian, A., Sehgal, K., Gupta, A., Madhavan, M. V., McGroder, C., Stevens, J. S., ... & Wan, E. Y. (2021). Post-acute COVID-19 syndrome. Nature medicine, *27*(4), 601-615.

Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R. O., Burgos, F., Casaburi, R. E. A., ... Wanger, J. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. European Respiratory Journal*, 26*(5), 948-968.

Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R., ve Yernault, J. C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows.European Respiratory Journal, *6*(Suppl 16), 5-40.

Stockley, J. A., Alhuthail, E. A., Coney, A. M., Parekh, D., Geberhiwot, T., Gautum, N., ... & Cooper, B. G. (2021). Lung function and breathing patterns in hospitalised COVID-19 survivors: a review of post-COVID-19 Clinics. Respiratory research, *22*(1), 255.

Torres-Castro, R., Vasconcello-Castillo, L., Alsina-Restoy, X., Solis-Navarro, L., Burgos, F., Puppo, H., & Vilaró, J. (2021). Respiratory function in patients post-infection by COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Pulmonology, *27*(4), 328-337.

Xavier, D. M., Abreu, R. A. L., Corrêa, F. G., Silva, W. T., Silva, S. N., Galvão, E. L., & Junior, M. G. D. N. (2024). Effects of respiratory muscular training in post-covid-19 patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, *16*(1), 181.

Yürüktümen, A., Karcıoğlu, Ö., Topacoğlu, H., ve Karbek Akarca, F. (2009). Dispne ile başvuran geriyatrik olgularda yakınma şiddeti ile klinik ve laboratuvar verilerinin değerlendirilmesi. *Türkiye Acil Tıp Dergisi, 9*(4), 163-168.

World Health Organization. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19): situation report, 67. World Health Organization, 26.

PSİKOLOJİK SERMAYE VE HEMŞİRELERDE PSİKOSOSYAL BAKIM YETKİNLİĞİ: ETİK TUTUMLARIN ARACILIK ROLÜ VE ÜCRET TATMİNİNİN DÜZENLEYİCİ ROLÜ

Dr. Öğretim Üyesi Gülsüm Zekiye TUNCER
Psikiyatri Hemşireliği Anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi
ORCID: 0000-0001-8969-7139

Dr. Öğretim Üyesi Metin TUNCER
Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, Gümüşhane Üniversitesi
ORCID: 0000-0003-1780-9191

ÖZET
Bu çalışma, psikolojik sermayenin hemşirelerin psikososyal bakım yetkinliği üzerindeki etkisini incelemeyi ve bu ilişkide etik tutumların aracılık, ücret tatmininin ise düzenleyici rol oynayıp oynamadığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Tanımlayıcı, kesitsel bir araştırma deseni kullanılmıştır. Veriler, Şubat–Mart 2025 tarihleri arasında profesyonel bir sosyal medya platformu aracılığıyla çevrim içi olarak paylaşılan yapılandırılmış anket formu ile genel yatan hasta birimlerinde çalışan 312 hemşireden toplanmıştır. Psikolojik sermaye, hem psikososyal bakım yetkinliğini (B = 0,514, SH = 0,066, β = 0,402, p < 0,001) hem de etik tutumları (B = 0,280, SH = 0,115, β = 0,137, p = 0,015) anlamlı düzeyde yordadı. Etik tutumlar da psikososyal bakım yetkinliğini anlamlı şekilde yordadı (B = 0,168, SH = 0,034, β = 0,268, p < 0,001). Aracılık analizi, etik tutumların kısmi aracılık rolü üstlendiğini gösterdi. Genel düzenleyici model istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte, etkileşim terimi anlamlı bulunmadı; bu da ücret tatmininin psikolojik sermaye ile etik tutumlar arasındaki ilişkide düzenleyici rol oynamadığını göstermektedir. Psikolojik sermaye, hem doğrudan hem de etik tutumlar aracılığıyla hemşirelerin psikososyal bakım yetkinliğini güçlendirmektedir. Etik tutumlar, psikolojik sermaye ile psikososyal bakım yetkinliği arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü üstlenmektedir. Ücret tatmini düşük olan hemşirelerde, psikolojik sermaye ile etik tutumlar arasındaki ilişkide ücret tatmininin anlamlı bir düzenleyici rolü bulunmamaktadır.
Anahtar Kelimeler: psikolojik sermaye, psikososyal bakım, etik tutumlar, ücret tatmini, hemşireler.

PSYCHOLOGICAL CAPITAL AND PSYCHOSOCIAL CARE COMPETENCE IN NURSES: THE MEDIATING ROLE OF ETHICAL ATTITUDES AND MODERATING ROLE OF PAY SATISFACTION

ABSTRACT
This study aimed to examine the effect of psychological capital on nurses' psychosocial care competence and to determine whether ethical attitudes mediate and pay satisfaction moderates this relationship. A descriptive, cross-sectional research design was utilised. Data were collected from 312 nurses working in general inpatient units between February and March 2025 through a structured questionnaire disseminated online via a professional social media platform. Psychological capital significantly predicted both psychosocial care competence (B = 0.514, SE = 0.066, β = 0.402, p < 0.001) and ethical attitudes (B = 0.280, SE = 0.115, β = 0.137, p = 0.015). Ethical attitudes also significantly predicted psychosocial care competence (B = 0.168, SE = 0.034, β = 0.268, p < 0.001). Mediation analysis revealed that ethical attitudes had a partial mediating role.

Although the overall moderation model was statistically significant, the interaction term was not, indicating that pay satisfaction does not have a moderating role in the relationship between psychological capital and ethical attitudes. Psychological capital enhances nurses' psychosocial care competence both directly and through ethical attitudes. Ethical attitudes partially mediate the relationship between psychological capital and psychosocial care competence. Among nurses with low pay satisfaction, pay satisfaction does not significantly moderate the relationship between psychological capital and ethical attitudes.
Keywords: psychological capital, psychosocial care, ethical attitudes, pay satisfaction, nurses.

NARSİSİZM, BENLİK SAYGISI VE ANNEDEN ALGILANAN NARSİSİSTİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİ: KURAMSAL BİR DERLEME

Yusuf KOÇAK
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Psikoloji Bölümü

Doç. Dr. Halime Şenay GÜZEL
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Psikoloji Bölümü

ÖZET
Narsisizm, bireyin kendilik algısının ve değerinin aşırı yüceltilmesiyle karakterize edilen, hem sağlıklı hem de patolojik düzeylerde gözlenebilen çok boyutlu bir kişilik özelliğidir. Benlik saygısı ise bireyin kendine ilişkin değerlendirmelerini yansıtan öznel bir yapı olup, genellikle kişinin kendilik değerine dair olumlu ya da olumsuz yargılarını içermektedir. Alan yazında narsisizm ve benlik saygısı arasında örtüşen yönler olmakla birlikte, bu iki kavramın gelişimsel dinamikleri ve kişilerarası yansımaları bakımından önemli farklar taşıdığı da görülmektedir. Araştırmalar, özellikle büyüklenmeci narsisizmin yüksek, kırılgan narsisizmin ise düşük benlik saygısıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu ilişki, narsistik kişilik örüntülerinin temelinde benlik saygısını düzenlemeye yönelik savunmaların yattığını düşündürmektedir. Erken dönemde çocuğun duygusal ihtiyaçlarının anne tarafından yeterince karşılanamaması durumunda, çocuğun sağlıklı benlik gelişimi ve güvenli benlik saygısının oluşumunun olumsuz etkilendiği görülmektedir. Son yıllarda ortaya atılan "algılanan annelik narsisizmi" kavramı, psikanalitik kuramcıların görüşleriyle paralel şekilde, annenin narsisistik özellikler taşımasının çocuğa yönelik yüksek beklentiler, koşullu sevgi ya da değersizleştirici tutumlarla ilişkili olabileceğini ve bu durumun, çocuğun ilerleyen dönemlerde narsistik örüntüler geliştirmesinde önemli bir rol oynayabileceğini vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, narsisizm, benlik saygısı ve anneden algılanan narsisistik özellikler arasındaki ilişki, bireyin kişilik yapısının ve kişilerarası ilişkisinin gelişimsel temelini anlamak açısından önemlidir. Bu derleme, söz konusu yapılar arasındaki etkileşimi kuramsal zeminde bütüncül bir bakış açısıyla ele almayı amaçlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Narsisizm, benlik saygısı, anneden algılanan narsisistik özellikler.

THE RELATIONSHIP BETWEEN NARCISSISM, SELF-ESTEEM, AND PERCEIVED MATERNAL NARCISSISTIC TRAITS: A THEORETICAL REVIEW

ABSTRACT
Narcissism is a complex personality feature that involves an exaggerated sense of self-importance and self-worth, and it can appear in both healthy and pathological forms. Self-esteem, in contrast, reflects how people evaluate themselves, including their positive and negative judgments about their own value. While narcissism and self-esteem overlap in some respects, research shows that they also differ in how they develop and in how they influence relationships with others. Studies have found that grandiose narcissism is often associated with higher self-esteem, whereas vulnerable narcissism is more closely associated with low self-esteem. This relationship indicates that narcissistic personality patterns are fundamentally rooted in defensive processes aimed at the regulation of self-esteem.. When children's emotional needs are not adequately met by their mothers, the formation of a cohesive self and stable self-esteem can be disrupted.

The concept of perceived maternal narcissism, which has gained increasing attention in recent years, emphasizes that maternal narcissistic traits—such as high expectations, conditional affection, or demeaning attitudes—may play a role in the later development of narcissistic patterns in the child. Understanding the associations between narcissism, self-esteem, and maternal narcissism is therefore important for explaining the developmental foundations of personality and interpersonal functioning. This review aims to explore these links within a broad theoretical framework.
Keywords: Narcissism, self-esteem, perceived maternal narcissistic traits.

1. Giriş

Narsisizm terimi, kökenini Yunan mitolojisinde yer alan, sudaki yansımasına âşık olan Narkissos'un hikâyesinden almaktadır (Akhtar ve Thomson, 1982). Bu miti ilk olarak Havelock Ellis uyarlamış ve Ellis bu kavramı 'otoerotizm' ile ilişkilendirmiştir. Narsisizm terimini ilk kullanan Paul Nacke iken, narsisistik terimi ise ilk kez Freud tarafından 'Cinsellik Üzerine Üç Makale' eserinde dipnotlar kısmında kullanılmıştır. Daha sonralarında Ernest Jones, 'Tanrı Kompleksi' makalesinde narsisizmi sağlıksız, patolojik kişilik özellikleri şeklinde tanımlamış, ilerleyen yıllarda Robert Walder ve William Reich gibi araştırmacılar da bu kavram üzerinde durmuştur. Bu gelişmelerin ardından narsisistik kişilik, özellikle psikanalitik kuramın yoğun ilgisini çekmiş ve bu alanda çok sayıda kuramsal çalışma yapılmıştır. Nitekim Freud, Kohut, Kernberg ve Masterson bu alandaki öncü isimler arasında yer almıştır (Doğanay, 2024).

Narsisizm, psikanalitik kuramın en fazla çalışılan ve önem verilen kavramlarından biri olmasına rağmen aynı zamanda en muğlak kavramlarından biridir. Narsisizmin bireylerin ruh sağlığında neye karşılık geldiğini belirleyebilmek ve narsisistik özellikler gösteren bireyleri diğerlerinden ayırabilmek oldukça zordur (Kızıltan, 2006). Andreas-Salome bu konuda, "Narsisizm, yaşantılarımızın bütün katmanlarına, söz konusu olan katmanlardan ayrı bir şekilde eşlik eder. Başka şekilde ifade edilecek olunursa, narsisizm yaşamda geride bırakılması gereken olgunlaşmayan bir aşamadan ziyade hayat boyunca yenilenen bir refakatçidir" demiştir (aktaran Kızıltan, 2006, s. 1). Amerikan Psikiyatri Birliği (2013) tarafından ise narsisizm "kişinin kendisini özel biri olarak görmesi, aşırı beğenmesi, üstün bir konumu hak ettiğine inanması, ilgi ve beğenilme ihtiyacının devamlı olması" şeklinde tanımlanmıştır. Narsisizmin bu kadar çok tartışılan fakat hâlâ üzerinde uzlaşılamayan bir kavram olması, onun hem kuramsal hem tanımsal düzeyde çok boyutlu bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Andreas-Salomé'un narsisizmi yaşam boyu süren bir eşlikçi olarak tanımlaması ile Amerikan Psikiyatri Birliği'nin narsisistik kişilik örüntüsünü belirli davranışsal özelliklerle sınırlayan tanımı, bu çok boyutluluğun örneklerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, narsisizm hem sağlıklı bir benlik gelişiminin parçası hem de patolojik düzeyde işlev bozukluklarına yol açabilen bir yapılanma olarak ele alınmakta; bireyin kendilik algısından kişilerarası ilişkilerine kadar geniş bir alanda etkisini göstermektedir (Kızıltan, 2006).

Benlik saygısı, terim olarak öz saygı, öz değer ve kendilik kabulü şeklinde birçok isimle alan yazında yer almıştır ve kendine atfedilen saygı, kendilik değerinin öznel olarak değerlendirilmesi şeklinde tanımlanmıştır (Blascovich ve ark., 1991; Orth ve Robins, 2013).

Narsisistik özellikler ile benlik saygısı arasındaki ilişkiye odaklanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır ve yapılan bu çalışmalarda narsisistik kişilik özellikleri ile benlik saygısı arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir (Orth ve ark., 2016; Barry ve ark., 2007; Taştekin, 2023).

Narsisistik özelliklere sahip bireylerde de yüksek benlik saygısına sahip olan bireylerde de olumlu bir benlik görünümü, imajı mevcuttur (Campbell ve ark., 2002). Öte yandan, narsisizm ve benlik saygısı birçok açıdan örtüşen kavramlar olmalarının yanı sıra aralarında bazı farklılıklar da mevcuttur. Thomaes ve Sedikides (2016), bu iki kavramın; fenotipi, sonuçları, gelişimleri ve kökenleri açısından farklılaştığını öne sürmüştür. Benlik saygısı ve narsisizm kavramları tamamen örtüşen kavramlar olmasa da, yine de birçok araştırmada bu iki kavram arasında orta düzeyde bir ilişki bulunduğu görülmüştür (Orth ve ark., 2016; Brown ve Zeigler-Hill, 2004). Örneğin alan yazın incelendiğinde; benlik saygısı arttıkça büyüklenmeci narsisistik özellikler artarken kırılgan narsisizmin ise azaldığı görülmektedir (Brookes, 2015; Rose, 2002; Zeigler-Hill ve ark., 2008). Rose (2002) tarafından yürütülen çalışmadan elde edilen bir diğer bulgu da yüksek düzeyde benlik saygısı bildiren büyüklenmeci narsisistik bireylerin düşük benlik saygısı bildiren kırılgan narsisist bireylere kıyasla daha mutlu oldukları görülmüştür.

Narsisizm yakından incelendiğinde, narsisistik patolojiye sahip olan bireylerin annelerinin de sağlıklı bir benlik değeri oluşturmada başarısız oldukları görülmektedir. Çoğunlukla anne, çocuğunu kendi kişiliğindeki çatışmaları bastırma maksadı ile savunma nesnesi olarak kullanmaktadır ve bu durumda çocuk annenin savunma ihtiyaçları doğrultusunda davranmaya zorlanarak kendini bir kalıba sokmaktadır. Kernberg (1975) bu durumu, çocuktan yüksek ve karşılanması zor beklentilere sahip olan annenin çocuk sadece bu beklentileri karşılayabildiğinde ilgi gösteren 'narsisistik ebeveyn' şeklinde tanımlamaktadır. Bunun sonucu olarak çocuğun bulunduğu döneme yönelik ihtiyaçları ve bireyselleşme çabaları anne tarafından olumsuzlanır. En nihayetinde çocuk anneden onay alabilmek ve yaşamsal destek alabilmek uğruna özbenliğini bastırarak ve sahte benlik oluşturmaktadır. Annenin bu duygusal yetersizliği, çocuğun sağlıklı benlik gelişimini sekteye uğratarak bireyde terk edilme ve iç içe geçme, kaynaşma korkuları arasında gidip gelen çelişkili nesne ilişkisi kalıplarına neden olur; bu da ilerleyen yaşamda narsisistik savunmalarla şekillenen kırılgan ve çatışmalı bir benlik yapısının temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle genellikle birincil bakım veren olan annenin, çocuğun narsisistik örüntüler gösterip göstermeyeceği konusunda kritik bir öneme sahip olduğu görülmektedir (Kernberg, 1975; Kızıltan, 2006; Masterson, 1990).

Bu çalışmada narsisizm ile benlik saygısı ve anneden algılanan narsisizm arasındaki ilişkiler ele alınmaktadır. Konu ile ilgili alan yazında narsisizmin çok sayıda çalışmaya konu olduğu görülmekle birlikte, göre daha az sayıda çalışmanın ebeveyn tutumlarının önemine değindiği, özellikle 'Anneden Algılanan Narsisistik Özellikler' (Alpay ve Aydın, 2023) kavramının ise oldukça az ele alındığı görülmüştür. Bu gözden geçirme yazısının amacı alan yazındaki bu boşluğu gidermek ve narsisizm ile benlik saygısı ve anneden algılanan narsisistik özelliklerin ilişkisi hakkında bütüncül bir perspektif sunmaktır.

2. Psikodinamik Kuram Açısından Narsisizm

2.1. Narsisizm

Narsisizm, psikodinamik kuramın temel kavramlarından biri olarak, bireyin kendilik ve nesne algısı, kişilerarası ilişkileri ve benlik saygısını koruma biçimleriyle yakından ilişkilidir. Narsisizm, sağlıklı bir benlik yapılanmasından patolojik düzeyde bir kişilik bozukluğuna kadar uzanan geniş bir yelpazede ele alınmaktadır (Ronningstam, 2005). Kuramsal açıdan özellikle Freud'un ilk tanımlamaları ve Kohut ile Kernberg'in sonraki katkıları narsisizmi farklı yönleriyle açıklamıştır. Modern literatürde ise narsisizm; sağlıklı ve patolojik, büyüklenmeci ve kırılgan olmak üzere farklı alt türleriyle incelenmektedir (Pincus ve Lukowitsky, 2010).

Bu bağlamda narsisistik kişilik bozukluğu; benlik değeri kırılganlığı, empatiden yoksunluk, övgü ve hayranlık arayışı ve kişilerarası ilişkilerde bozulma gibi temel özelliklerle tanımlanmakta; bireyin hem içsel dünyasında hem de sosyal ilişkilerinde işlevsellik sorunlarına yol açabilmektedir (Akhtar ve Thomson, 1982).

Narsisizm hakkında önde gelen Freud, Kohut, Masterson ve Kernberg gibi birçok kuramcı farklı görüşlere sahip olmuş ve narsisizmi farklı şekilde tanımlamışlardır. Freud, narsisizmi gelişimsel bir süreç içinde ele almış; birincil narsisizmi bebeğin tüm libidosunu kendiliğe yönelttiği doğal bir evre olarak, ikincil narsisizmi ise nesne ilişkilerinde yaşanan hayal kırıklıklarıyla libidonun yeniden kendiliğe yönelmesi olarak tanımlamıştır (Freud, 1914/1957). Kohut, narsisizmi benlik gelişiminin bir parçası olarak görmüş; erken gelişim dönemlerinde ebeveynler tarafından çocuğun aynalanma, idealize etme ve ikizlik gibi kendilik nesnesi ihtiyaçlarının yeterince karşılanmaması durumunda ilerleyen gelişim dönemlerinde narsisistik patolojinin ortaya çıktığını ileri sürmüştür (Kohut, 1971). Masterson ise narsisistik kişilik bozukluğunu, ayrışma-bireyleşme sürecinde özellikle alıştırma alt evresinde yaşanan gelişimsel bir duraksamanın sonucu olarak değerlendirmiş ve bu süreçte annenin yansıtıcı işlevindeki yetersizliklerin sahte benlik gelişimine zemin hazırladığını belirtmiştir (Masterson, 2000).

Kernberg (1967), kişilik organizasyonlarını ve patolojileri sınıflandırma yaparken; kişilerin gerçeği değerlendirebilme yetisi, kendilik ve nesne tasarımlarının bütünlüğü, kullandıkları savunma mekanizmaları, süperego katılığı gibi çeşitli kriterler belirtmiş ve bunun sonucunda da psikotik, sınırda (borderline) ve nevrotik kişilik organizasyonu şeklinde üçlü bir kişilik organizasyonu sınıflaması önermiştir. Kernberg'e göre narsisistik bireyler, gerçeği değerlendirme yeteneğinin kısmi bozulmalara rağmen korunmuş olması, kullanılan savunma mekanizmalarının ilkel olması gibi faktörlerden dolayı sınırdurum sınıfı içerisinde yer almaktadırlar. Bunlara ek olarak Kernberg (2004), narsisistik kişilik bozukluğunun özünde patolojik kendilik ve nesne sevgisi, patolojik süperego olduğunu ifade etmiştir.

Kernberg (1975), narsisistik kişilik yapılanmasını, bireyin erken dönem yaşantılarında maruz kaldığı duygusal yoksunluk, ebeveyn ilgisizliği, soğukluk ve örtük agresyon gibi olumsuz nesne ilişkilerine bağlı bir gelişimsel sapma olarak açıklamaktadır. Bu olumsuz çevresel etkenler bireyde yoğun öfke, hayal kırıklığı ve yetersizlik duygularına yol açmaktadır. Birey, bu duygularla başa çıkmak amacıyla, gerçek kendiliğinin ebeveyn tarafından onaylanan yönlerini; tümgüçlülük, mükemmellik ve idealleştirilmiş sevgi dolu nesne imgeleriyle patolojik bir şekilde bütünleştirmektedir. Nihayetinde bu savunmacı yapılanma, narsisistik kişilik örüntüsünün temelini oluşturmaktadır. Böylece, olumlu ve olumsuz kendilik ve nesne temsillerinin sağlıklı bir şekilde bütünleştirilmesi yerine, yalnızca olumlu temsillerin iç içe geçtiği, gerçeklikten kopuk ve ilkel bir şekilde idealize edilmiş bir büyüklenmeci kendilik yapısı ortaya çıkmaktadır (Kernberg, 1975; Kernberg, 2004).

Kernberg'e göre bu büyüklenmeci yapı, çocuğun özellikle narsisistik kişilik özelleri olan ebeveyn figürleriyle kurduğu ilişki sonucu gelişmektedir. Bu tür ebeveynler, çocuklarını kendi narsisistik ihtiyaçlarının bir uzantısı olarak görme eğilimindedir. Çocuk, ebeveynin narsisistik beklentilerini karşılayabildiği sürece kabul görürken, aksi durumda reddedici, ilgisiz veya örtük biçimde saldırgan tutumlara maruz kalmaktadır. Bu çelişkili ilişki biçimi, çocuğun iç dünyasında "kötü" nesne temsillerine dair güçlü bir inanç gelişmesine ve buna karşılık gerçekçi olmayan büyüklenmeci bir benlik yaratmasına neden olmaktadır (Kernberg, 1975; Russell, 1985).

2.2. Narsisistik Kişilik Bozukluğu ve Narsisizmin Alt Boyutları

Narsisistik kişilik bozukluğu, Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabı'nın beşinci baskısında (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5. baskı; DSM-5)"dramatik/değişken küme" olarak adlandırılan B grubunda yer alan kişilik bozukluklarından biri olarak sınıflandırılmaktadır. DSM-5'e göre narsisistik kişilik bozukluğu; erken erişkinlik döneminde başlayan ve farklı bağlamlarda ortaya çıkan, büyüklenme (düşlemlerde ya da davranışlarda), beğenilme gereksinimi ve empati eksikliği ile karakterize edilen yaygın bir örüntüdür. Tanı için aşağıdaki dokuz ölçütten en az beşinin bulunması gerekmektedir (APA, 2013): a) Kendilik değerini büyüklenmeci bir biçimde algılamak, b) Sınırsız güç, başarı, zeka, güzellik ve mükemmel aşk gibi düşlemlerle uğraşma eğiliminde olmak, c)Kendisini özel ve benzersiz olarak görmekte ve sadece diğer özel veya yüksek statülü bireylerin kendisini anlayabileceğine ya da onlarla ilişki kurması gerektiğine inanmak, d) Aşırı hayranlık beklemek, e) Sürekli hak sahibi olma duygusu (her isteğinin yerine getirilmesi gerektiği inancı), f) Kendi çıkarları doğrultusunda diğerlerinden faydalanma eğilimi, g)Empati eksikliği: Başkalarının duygularını ve ihtiyaçlarını anlamaya ya da bu duygularla özdeşleşmeye isteksizlik, h) Sıkça başkalarını kıskanma veya başkalarının onun kıskandığına inanma eğilimi, i)Bencil, kendini beğenmiş veya kibirli davranışlar ve tutumlar sergileme (APA, 2013).

Narsisizm hakkında çalışmalar yapan birçok araştırmacı, DSM tarafından tanımlanan narsisistik kişilik bozukluğunun sadece büyüklenmeci (grandiyöz) kısmını tanımladığını ve narsisizmin bu tanımlama ile eksik kaldığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar narsisizm hakkında iki ana tema öne çıkarmışlardır. Yapılan açıklamalar ve çalışmalar bu iki ana tema etrafında şekillendirilmiştir. Bu iki ana temadan ilki büyüklenmeci (grandiyöz) bir diğeri ise kırılgan narsisizm şeklinde ifade edilmiştir. Büyüklenmeci narsisizm boyutu açık, teşhirci, kayıtsız ve grandiyöz şeklinde ifade edilirken kırılgan narsisizm boyutu ise örtük, tedirgin şeklinde ifade edilebilmektedir (Akhtar ve Thomson, 1982; Gabbard, 1989).

Büyüklenmeci narsisistik özellikler gösteren bireylerde aşırı talepkarlık, hak etme, kendiyle aşırı meşgul olma, dışa dönük olma, grandiyözite, haset, kıskançlık, hayranlık arayışı, empatiden yoksunluk gibi özellikler bulunmaktadır (Kernberg, 1975; Akhtar ve Thomson, 1982). Bu özellikteki bireylerin; kendisinin zayıf olduğu yönleri yadsıma yoluna gittiği, kendilerini geliştirme yolu ile öz saygılarını düzenledikleri, kendi taleplerinin diğerleri tarafından karşılanması beklerken başkalarının ihtiyaçlarına karşı duyarsız oldukları görülmektedir (Gabbard, 1989; Dickinson ve Pincus, 2003). Talepleri karşılanmadıklarında ya da benlik saygılarını tehdit edecek nitelikte geri bildirim aldıklarında ise benlik saygılarını korumak için diğerlerini değersizleştirme (değerini düşürme) savunma mekanizmasını kullandıkları görülmektedir (Dickinson ve Pincus, 2003).

Kırılgan narsisizm tarafında ise, bu bireylerde eleştiriye karşı daha fazla hassasiyet, çekingenlik, abartılı derecede alçak gönüllülük, yüksek kaygı seviyesi ve yakın ilişkilerde fark edilebilen büyüklenmecilik eğilimi görülmektedir (Akhtar ve Thomson, 1982). Büyüklenmeci beklentiler karşılık görmediği takdirde bu bireyler utanç duygusuna kapılabilmekte ve ilişkilerinde kaçıngan tavırlar sergileyebilmektedirler. Kırılgan narsisist bireyler güçlü ve olgun baş etme mekanizmalarına sahip olmayan bireylerdir ve eleştiriye karşı aşırı hassas olma durumlarından dolayı benlik saygısını tehdit eden durumlardan kaçınma eğilimi göstermektedirler. Bu nedenden dolayı narsisizmin temel özelliği olan "büyüklenmecilik" 'örtük' bir şekilde devam edebilmektedir (Dickinson ve Pincus, 2003; Gabbard, 1989; Zeigler-Hil ve ark., 2010).

3. Benlik Saygısı ve Narsisistik Dinamikler

Benlik saygısı, bireyin kendine yönelik olumlu ya da olumsuz değerlendirmelerini ifade eden önemli bir psikolojik yapı olarak tanımlanır. Rosenberg (1965), benlik saygısını "bireyin kendisine yönelik olumlu ya da olumsuz tutumu" olarak tanımlarken, Harris ve arkadaşları (2017) ise bu kavramı, "kişinin kendi değerine ilişkin öznel değerlendirmesi" şeklinde ifade etmektedir.

Benlik saygısı, yüksek ve düşük benlik saygısı olmak üzere alan yazında ikiye ayrılmaktadır. Yüksek benlik saygısına sahip bireyler, kendilerine duydukları saygıyı dışsal onay arayışına ihtiyaç duymaksızın sürdürebilirken, düşük benlik saygısı ise kişinin kendisini yetersiz, değersiz ve kusurlu görmesine neden olabilmektedir. Bu durum, kendini reddetme, kendinden hoşnutsuzluk ve kendine yönelik küçümseyici tutumlar ile karakterize olmaktadır (Yetişgin, 2024).

Benlik saygısı, narsisizm ile de yakından ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda narsisistik kişilik özellikleri ile benlik saygısı arasında orta düzeyde ilişki olduğu gözlemlenmiştir (Barry ve ark., 2007; Taştekin, 2023). Şahin (2023); bireyin yapmış olduğu narsisistik faaliyetlerin, benlik saygısını yükseltmeye ve(ya) dengelemeye hizmette bulunduğunu belirtmiştir. Bunun sonucunda yapılan narsisistik faaliyetlerin kişinin tam anlamıyla güçlü olmayan benlik saygısının sonucunda gerçekleşen faaliyetler olduğunu ifade etmiştir.

Kernberg (1975), sağlıklı benlik saygısını kendilik ve nesne tasarımlarının bütünleşmiş ve istikrarlı olmasıyla ilişkilendirmiştir. Sağlıklı birey olumlu ve olumsuz nesne ve kendilik tasarımlarını birlikte tutabilirken, istikrarlı ve içselleştirilmiş bir benlik saygısına zemin hazırlayacak şekilde daha az dışa bağımlı içsel değer duygusu geliştirebilir. Buna karşılık olarak patolojik narsisizmde bireyin geliştirmiş olduğu benlik saygısı kırılgan bir yapıdadır ve bu benlik saygısı dışsal onaya, takdire ve başarıya oldukça fazla bağımlıdır. Patolojik narsisistik özellikler bulunan bireylerde istikrarlı ve bütünlüklü kendilik ve nesne tasarımının olmaması aynı zamanda sağlıklı bir benlik saygısı geliştirememesine bu da bireyin benlik saygısını istikrarlı bir şekilde sürdürememesine yol açmaktadır. Bunun sonucu olarak bu bireylerin, dışarıdan gelecek narsisistik doyum (ilgi, takdir, onay, hayranlık vb.) arayışı içerisinde oldukları belirtilmiştir. Sonuç olarak Kernberg'e göre sağlıklı narsisizmde benlik saygısı istikrarlıyken patolojik narsisistik özellik gösteren bireylerde benlik saygısı dışa bağımlı, kırılgan ve daha istikrarsızdır (Kernberg, 1975).

Kernberg'in narsisizm kuramına paralel olarak benlik saygısını açıklamaya çalışan, narsisizm ve benlik saygısı arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bazı modeller öne sürülmüştür. Bunlardan birisi de maske modelidir (Morf ve Rhodewalt, 2001). Bu modele göre narsisist bireyler büyüklenmeci bir benlik ortaya koyma çabası içerisindelerken bu benlik, çocuğun erken dönemde yaşadığı ilişkiler sonucunda hissettiği yetersizlik duygusunu maskelemektedir, başka bir deyişle narsisist bireylerin yüksek görünümlü benlik saygılarının arka planında düşük benlik saygısı ve kırılganlık bulunduğu belirtilmiştir (Barry ve ark., 2007; Orth ve ark., 2016). Birey; çocukken yaşamış olduğu acı verici, yetersiz hissettiren deneyimleri bastırmaktadır ve kendilerini başkalarından üstün görme, kibirli, talepkar olma gibi tutumlar sergileyerek kırılgan ve yüksek bir benlik saygısı oluşturmaktadır (Bosson ve ark., 2008).

Sonuç olarak, benlik saygısı bireyin kendine yönelik değerlendirmelerini yansıtan temel bir psikolojik yapı olup, narsisizmle dinamik bir ilişki içerisindedir. Yüksek benlik saygısı genellikle içselleştirilmiş, istikrarlı ve dışsal onaya daha az ihtiyaç duyan bir yapıyı temsil ederken; patolojik narsisizmde görülen benlik saygısı kırılgan, savunmacı ve dışsal kaynaklara daha çok bağımlıdır.

Kernberg'in kuramı, sağlıklı narsisizmin bütünleşmiş kendilik ve nesne temsilleri ile istikrarlı benlik saygısını mümkün kıldığını öne sürerken; patolojik narsisizmde bu bütünlüğün sağlanamaması, bireyi dışsal narsisistik doyumlara yönelten kırılgan bir benlik saygısına sebep olmaktadır. Kernberg'in kuramına paralel olan maske modeli ise bu kırılganlığın erken dönem yetersizlik deneyimlerinin bastırılmasıyla örtüldüğünü ve bireyin büyüklenmeci bir benlik sunarak benlik saygısını korumaya çalıştığını ileri sürmektedir. Bu çerçevede, benlik saygısının dışa bağımlılığı veya ihtiyaç düzeyi, narsisizmi ve savunma mekanizmalarını anlamada önemli görüşler sunmaktadır (Kernberg 1975; Morf ve Rhodewalt, 2001).

4. Anneden Algılanan Narsisistik Özellikler ve Narsisistik Gelişim

Birçok çalışma, çevresel faktörlerin narsisizmin gelişiminde etkili olduğunu göstermiş, birçok psikanalitik kuramcı da, birincil bakım veren ile bebek arasındaki erken dönem ilişkinin, çocuğun kişilik gelişiminde oldukça önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır (Livesley ve ark., 1993; Jang ve ark., 1996).

Kernberg (1975), narsisistik kişilik organizasyonu olan hastalarla yaptığı çalışmalar sonucunda, bu hastaların çocukluk dönemlerinde yoğun bir agresyonu olan, soğuk, incitici, ilgisiz ve yüzeysel bir şekilde işlevsellik gösteren anne figürü ile çok sık karşılaştığını belirtmiştir. Kernberg, çocuğun ebeveynlerinin soğuk, sert, mesafeli ve esneklikten yoksun tutumlarını çocuğun narsisistik savunma geliştirmesinde temel etmenlerden birisi olarak göstermektedir. Kernberg'e göre çocuk, süperegonun bir parçası olan ideal benliği ile gerçek benliği arasında bağ kuramadığında, içsel çatışmalarını narsisistik savunmalar ile çözmeye çalışmaktadır ve bu savunmalar da narsisistik kişilik bozukluğunun temelini oluşturmaktadır (Kernberg, 1975).

Narsisistik anneler, kendi karşılanmamış narsisistik ihtiyaçlarını doyurabilmek amacıyla çocuklarını birer narsisistik uzantı olarak gören ve bu doğrultuda onları araçsallaştıran annelerdir. Bu bağlamda, çocuk, annenin narsisistik yönelimlerine uygun davrandığında ya da bu yönlerini tatmin ettiğinde takdir ve onay görürken; aksi bir durumda anne tarafından soğukluk, ilgisizlik ya da örtük saldırganlık içeren cezalandırıcı tutumlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu tutumlar, çocuğun içselleştirdiği nesne temsillerinin yıkıcı olmasına ve dış dünyadaki nesneleri "kötü" olarak algılamasına zemin hazırlamaktadır. Çocuk, bu hayal kırıklığına karşı bir başa çıkma mekanizması olarak, annesi tarafından zamanla beslenen büyüklenmeci kendiliği devreye sokar ve bu şekilde bir savunma geliştirir (Doğanay, 2024; Kernberg, 1975).

Kohut (1971) ise, narsisistik özellik gösteren annelerin karşılanmamış benlik ihtiyaçlarının çocuklarda narsisizme yol açabileceğini belirtmiştir. Ona göre çocuğun narsisistik gelişiminin engellenmesi, ebeveynlerinin çocuğun kendilik gelişimini destekleyememesi ile açıklanmaktadır. Annenin çocuğa yeterli seviyede duygusal yansıtma yapamaması, çocuğun duygusal ihtiyaçlarına empatik yanıt verememesi ve çocuğu kendilik uzantısı olarak görmesi çocuğun kendiliğini sağlıklı bir şekilde yapılandıramamasına ve narsisistik dönemde fiksasyon yaşamasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da çocuğun ilerleyen dönemlerde daha kırılgan benlik saygısına sahip olabileceğini, narsisistik doyum için dışsal faktörlere daha fazla bağımlı olabileceğini ifade etmiştir (Kohut, 1971).

Rappoport (2005) ise narsisistik ebeveynlerle yetişen çocukların, özdeşim kurarak (içsel nesnelerle) ilerleyen zamanlarda narsisistik özellikler gösterebileceğini ifade etmiştir. Benzer bir şekilde Miller'a (1996) göre de, narsisistik kişilik özelliklerine sahip anneler tarafından yetiştirilen çocukların narsisistik ihtiyaçlarının giderilmemesi sonucu, narsisizmin nesiller arası aktarılabileceğini belirtmiştir.

Leggio (2018) yaptığı çalışmada, anneye ilişkin narsisizm ile depresyon ve benlik saygısı arasındaki ilişkiyi incelemiştir ve sonuç olarak bakım veren ebeveynlerini narsisistik olarak algılayan bireylerin depresyon düzeylerinin yüksek, benlik saygılarının ise anlamlı derecede düşük olduğu sonucuna ulaşmıştır. Türker (2018) tarafından yürütülen çalışmada, anneden algılanan narsisistik özelliklerin kırılgan narsisistik özellikleri öngörebildiğini ancak büyüklenmeci narsisistik özelliklerle anlamlı bir ilişki bulunmadığını gözlemlemiştir. Yakın zamanlarda ülkemizde yapılan farklı araştırmalarda da bireyin anneden algıladığı narsisizm ile kendi narsisistik özellikleri arasında anlamlı derecede ilişki olduğu gözlenmiştir (Doğanay, 2024; Dündar, 2022, Gökçelioğlu, 2024).

5. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu derlemenin amacı, narsisizm, benlik saygısı ve anneden algılanan narsisizmi incelemek ve aralarındaki ilişki çerçevesinde bu değişkenin birbirleriyle nasıl bir etkileşim içerisinde oldukları hakkında bütüncül bir bakış açısı sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda narsisizmin alt boyutlarının (büyüklenmeci ve kırılgan) hem benlik saygısının ile hem de erken dönemde birincil bakım veren olan annenin tutumunun etkileri ve oynadığı roller ortaya konulmuştur.

Psikodinamik kuram, narsisizmin kökenlerini erken çocukluk yaşantılarına dayandırmakta ve anne-çocuk ilişkisinin kişilik yapılanmasındaki merkezi rolünü vurgulamaktadır (Kernberg, 1975; Kohut, 1971). Bu bağlamda narsisistik anne figürü, çocuğun benlik algısının gelişiminde kritik bir etkiye sahiptir: Narsisistik eğilimler taşıyan annelerin çocuklarını bir uzantı olarak görmeleri, çocukların koşullu kabul deneyimlemesine yol açarak sağlıklı benlik saygısının oluşumunu zedeleyebilmektedir (Kernberg, 1975).

Benlik saygısı ise bireyin kendine yönelik değer atfı, öznel değerlendirmesi ve kendilik algısının bütünlüğü açısından temel bir yapı olarak tanımlanmaktadır (Orth ve Robins, 2013). Alan yazında narsisizm ile benlik saygısı arasındaki ilişkinin karmaşık olduğu, her zaman güçlü ve pozitif bir korelasyona işaret etmediği görülmekle beraber (Bosson ve ark., 2008) yapılan birçok çalışmada da aralarında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir (Barry ve ark., 2007; Orth ve ark., 2016). Özellikle kırılgan narsisizm, düşük benlik saygısı ve reddedilmeye duyarlılıkla yakından ilişkiliyken (Pincus ve Lukowitsky, 2010), buna karşın büyüklenmeci narsisizmin yüksek düzeyde benlik saygısıyla ilişkili olduğu görülmüştür Zeigler-Hill ve ark., 2008).

Çocuklukta annenin aşırı eleştirel, mesafeli ya da kendi ihtiyaçlarını önceleyen tutumları, çocuğun geliştirmekte olduğu benlik saygısını zayıflatmakta ve yetişkinlikte narsisistik kişilik özelliklerine zemin hazırlayabilmektedir (Kernberg, 1975). Böylece narsisizm, yalnızca bireysel bir kişilik özelliği değil, aynı zamanda ebeveynlik tarzlarının içselleştirilmesiyle şekillenen gelişimsel bir süreç olarak değerlendirilebilmektedir (Kernberg, 1975; Kohut, 1971). Aynı zamanla bu nedenle de anneden algılanan narsisizmin, narsisizm ve benlik saygısı arasındaki karmaşık ilişkinin anlaşılmasında aracı bir değişken olarak ele alınabileceği düşünülmektedir.

Kuramsal bulgular, narsisizmin tek boyutlu bir yapı olmadığını; kırılgan ve büyüklenmeci narsisizmin farklı psikolojik süreçlere dayandığını göstermektedir (Pincus ve Lukowitsky, 2010). Kırılgan narsisizm genellikle düşük benlik saygısı, sosyal anksiyete ve eleştiriye aşırı duyarlılıkla ilişkiliyken; büyüklenmeci narsisizmin ise maske modelinin de belirtmiş olduğu gibi yüzeyde yüksek fakat özünde kırılgan bir benlik değerine dayanmaktadır (Morf ve Rhodewalt, 2001; Zeigler-Hill ve ark., 2010). Bu bağlamda anneden algılanan narsisizm, her iki boyutun da gelişimin sürecinde oynadığı rol araştırılması gereken bir konu olarak yer almaktadır.

Çocuklukta annenin çocuğu koşullu olarak kabul etmesi, sevgi ve onayı başarı ya da uyum gibi ölçütlere bağlaması, bireyde istikrarsız bir benlik değerine yol açabilir ve bu durumun kırılgan narsisizmde görülen reddedilme hassasiyetini açıklayabileceği gibi, büyüklenmeci narsisizmde rastlanan aşırı onay arayışını da pekiştirebileceği görülmektedir (Kernberg, 1975; Kohut, 1971). Dolayısıyla narsisizm ile benlik saygısı arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için ileride yapılacak çalışmalarda annenin etkisinin ve bireyin öznel algılarının birlikte değerlendirilmesinin daha kapsamlı bir bakış açısı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Alan yazında narsisizm ve benlik saygısı üzerine çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, anneden algılanan narsisizmin bu ilişkideki rolünü ele alan araştırmalar sınırlıdır. Bu derleme, konuyu kuramsal bir bütünlük içinde tartışarak hem alan yazına hem de klinik uygulamalara katkı sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle ebeveyn-çocuk ilişkisinin narsisizm ile benlik saygısı arasındaki bağda nasıl bir aracı rolü olduğunu vurgulaması bakımından özgün bir öneme sahiptir**.**

Gelecek araştırmaların, anneden algılanan narsisizmin yanı sıra, ebeveynlik stilleri ve bağlanma örüntülerini de kapsaması önerilmektedir. Ayrıca kırılgan ve büyüklenmeci narsisizmin farklı gelişimsel süreçlerini inceleyen boylamsal çalışmalar yapılmasının alan yazına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Klinik uygulamalar açısından ise, narsisistik özellikler gösteren bireylerle çalışırken yalnızca semptomlara odaklanmak yerine erken dönem anne-çocuk ilişkilerinin ve benlik saygısının göz önünde bulundurulmasının danışanı daha iyi anlayabilmek açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akhtar, S. & Thomson, J. A. (1982). Overview: Narcissistic Personality Disorder. *The American Journal of Psychiatry,* 139(1), 12-20. https://doi.org/10.1176/ajp.139.1.12

Alpay, E. H., & Aydın, A. (2023). Development of the Perceived Maternal Narcissism Scale. *Klinik Psikoloji Dergisi*, *7*(3), 313-324.

American Psychiatric Association, (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM IV*. (4th ed.). Washington: American Psychiatric Association.

Amerikan Psikiyatri Birliği. (2013). *Ruhsal bozuklukların tanısal ve sayımsal el kitabı, (DSM-5), Tanı ölçütleri başvuru el kitabı* (E. Köroğlu, Çev.). Hekimler Yayın Birliği.

Barry, C. T., Grafeman, S. J., Adler, K. K., & Pickard, J. D. (2007). The relations among narcissism, self-esteem, and delinquency in a sample of at-risk adolescents. *Journal of adolescence*, *30*(6), 933-942.

Brookes, J. (2015). The effect of overt and covert narcissism on self-esteem and self-efficacy beyond self-esteem. *Personality and Individual Differences*, 85, 172-175

Brown, R. P., & Zeigler-Hill, V. (2004). Narcissism and the non-equivalence of self-esteem measures: *A matter of dominance? Journal of Research in Personality, 38*(6), 585–592.

Bosson, J. K., Lakey, C. E., Campbell, W. K., Zeigler-Hill, V., Jordan, C. H., & Kernis, M. H. (2008). Untangling the links between narcissism and self-esteem: A theoretical and empirical review. *Social and Personality Psychology Compass*, *2*(3), 1415-1439.

Doğanay, E. (2024). *Anneden Algılanan Narsisizm, Narsisistik Kişilik Özellikleri Ve Partnere İlişkin Obsesif Kompulsif Belirtiler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi).

Dündar, B. (2022). *The Relatıonshıp Between Narcıssısm, Perceıved Maternal Narcıssısm, Selfobject Needs And Attachment* (Master Thesis, Izmir University of Economics).

Dickinson, K. ve Pincus, A. (2003). Interpersonal analysis of grandiose and vulnerable narcissism. *Journal of Personality Disorders*, 17 (3), 188 - 207. doi: 10.1521/pedi.17.3.188.22146

Freud, S. (1957). On Narcissism: An introduction. J. Strachey (Ed. ve Çev.) *The standard edition of the complete works of Sigmund Freud* içinde (Vol.14, s. 73-102). London: Hogarth Press Ltd. (orijinal metnin yayın yılı 1914).

FROMM, E. (1964). *The Heart of Man*. New York: Harper & Row.

Gökçelioğlu, M.G. (2024). *Anneden Algılanan Narsisistik Özellikler Ve Çocuklukta Onaylamayan Çevre Faktörlerinin Bireyin Kendilik Saygısı Ve Narsisistik Özelliklerinin Gelişimi İle Sağlık Anksiyetesi Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi* (Doktora Tezi, İstanbul Okan Üniversitesi).

Harris, M. A., Donnellan, M. B., Guo, J., McAdams, D. P., Garnier-Villarreal, M., & Trzesniewski, K. H. (2017). Parental co-construction of 5- to 13-year-olds' global self-esteem through reminiscing about past events. *Child Development, 88*(6), 1810–1822. https://doi.org/10.1111/cdev.12944

Jang, K. L., Livesley, W. J., Vernon, P. A. and Jackson, D. N. (1996) *Heritability of personality disorder traits: A twin study*. Acta Psychiatrica Scandinavica, 94(6), pp. 438-444.

Kızıltan, H. (2006). Narsisizm ve Psikopatolojisi. http://www.psikomitoloji.com

Kernberg, O. F. (1967). Borderline personality organization. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 15(3), 641-685. doi: 10.1177/000306516701500309

Kernberg O. F.(1975). Borderline Conditions And Pathological Narcissism. New York: Jason Aronson

Kernberg, O. F. (2004). *Aggressivity, narcissism, and self-destructiveness in the psychotherapeutic relationship.* New Haven: Yale University Press.

Kohut, H. (1971). The Analysis of The Self: A Systematic Approach To The Treatment of Narcissistic Personality Disorders. Madison, Ct: International Universities Press.

Leggio, J. N. (2018) Mental Health Outcomes for Adult Children of Narcissistic Parents, (Unpublished doctoral thesis), Adler School of Professional Psychology.

Livesley, W. J., Jang, K. L., Jackson, D. N. and Vernon, P. A. (1993*) Genetic and environmental contributions to dimensions of personality disorder*, American Journal of Psychiatry, 150(12), pp. 1826-1826.

Masterson, J. F. (2000). *The personality disorders: A new look at the developmental self and object relations approach: Theory, diagnosis, treatment*. Phoenix: Zeig Tucker & Theisen.

Miller, A., (1996), *The Drama of the Gifted Child: The Search for the True Self*, Basic Books, New York.

Morf, C.C., Rhodewalt, F., (2001), *Unraveling the Paradoxes of narcissism: A Dynamic Self-Regulatory Processing Model*, Psychological Inquiry, 12(4), 177-196.

Pincus, A. L. Ve Lukowitsky, M. R. (2010). Pathological Narcissism and Narcissistic Personality Disorder. *Annual Review of Clinical Psychology,* 6, 421-446. https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.121208.131215

Rappoport, A. (2005). Co-Narcissism: How We Accommodate To Narcissistic Parents. The Therapist, 1, 1-8.

Orth, U., Robins, R. W., Meier, L. L., & Conger, R. D. (2016). Refining the vulnerability model of low self-esteem and depression: Disentangling the effects of genuine self-esteem and narcissism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 110(1), 133– 149.

Ronningstam, E. (2005*). Identifying and Understand the Narcissistic Personality.* New York: Oxford Univ. Press.

Rose, P. (2002). The happy and unhappy faces of narcissism. *Personality and individual differences,* 33(3), 379-391. doi:10.1016/S0191-8869(01)00162-3

Rosenberg, M. (1965). *Society and the adolescent self-image*. Princeton University Press.

Russell G. A. (1985). Narcissism and The Narcissistic Personality Disorder: A Comparison of The Theories of Kernberg and Kohut. *British Journal of Medical Psychology,* 58(2), 137–148. https://doi.org/10.1111/j.2044-8341.1985.tb02626.x

Şahin, D., (2023), *Kişilik ve Zihin*, Pinhan Yayınları, İstanbul.

Taştekin, H. (2023). *Instagram Kullanım Motivasyonları İle Narsisizm, Yalnızlık, Öz Saygı Ve Yaşam Doyumu Arasındaki İlişki*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi):

Yetişgin, E. S. (2024). *The Relationship Between Perceived Maternal Narcissism and Attitudes Toward Seeking Psychological Help: Mediating Roles of Self-Efficacy and Self-Esteem* (Master's thesis, TOBB ETÜ).

Zeigler-Hill, V., Chadha, S. ve Osterman, L. (2008). Psychological defense and self-esteem instability: Is defense style associated with unstable self-esteem?. *Journal of Research in Personality, 42*(2), 348-364. doi: 10.1016/j.jrp.2007.06.002

Zeigler-Hill, V., Myers, E. M. ve Clark, C. B. (2010). Narcissism and self-esteem reactivity: The role of negative achievement events. *Journal of Research in Personality*, 44(2), 285-292. doi: 10.1016/j.jrp.2010.02.005

EBEVEYNLERİN AŞI KARARSIZLIĞINA YAPAY ZEKA DESTEKLİ YAKLAŞIM

Eren GÜZELOĞLU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Prof. Dr. Cemil Taşcıoğlu Şehir Hastanesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Kliniği
ORCID: 0000-0003-4316-2491

ÖZET
Aşı kararsızlığı, aşılama hizmetlerinin erişilebilir olmasına rağmen bireylerin bir veya birden fazla aşıyı kabul etmede gecikme yaşaması veya reddetmesi durumudur. Bu durum, aşı türü, uygulanma zamanı, mekân ve sosyal koşullara göre değişiklik gösteren çeşitli faktörlere bağlıdır. Son yıllarda hem ülkemizde hem de dünyada aşı kararsızlığının arttığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, aşı kararsızlığına yol açan beş yaygın senaryo (bilgi eksikliği, yan etki korkusu, güvensizlik, dini sebepler ve sosyal medya etkisi) ele alınmış ve bu senaryolara yapay zeka destekli yaklaşımlar değerlendirilmiştir. OpenAI tarafından geliştirilen ChatGPT 4.0 modeli, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) Stratejik Danışma Grubu (SAGE) Aşı Kararsızlığı Ölçeği doğrultusunda kullanılmıştır. Ölçek puanları genel aşı tutumu, güven eksikliği ve risk faktörlerini yansıtmaktadır. Sonuç olarak, yapay zekanın ebeveynlerin aşı kararsızlığının çözümünde etkili ve destekleyici bir araç olduğu gözlemlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Aşı kararsızlığı , Artificial intelligence, Chatgpt

AI-POWERED APPROACH TO PARENTAL VACCINE HESITANCY

ABSTRACT
Vaccine hesitancy is defined as a delay in acceptance or refusal of one or more vaccines despite the availability of vaccination services. It varies according to vaccine type, timing, location, and social factors. In recent years, vaccine hesitancy has increased both in Turkey and worldwide. This study addresses five common scenarios contributing to vaccine hesitancy (lack of knowledge, fear of side effects, distrust, religious reasons, and social media influence) and evaluates AI-powered approaches to these issues. OpenAI's ChatGPT 4.0 model was utilized based on the World Health Organization (WHO) Strategic Advisory Group of Experts (SAGE) Vaccine Hesitancy Scale. The scale scores reflect general vaccine attitude, lack of trust, and risk factors. The results indicate that AI can be an effective and supportive tool in resolving parental vaccine hesitancy.
Keywords: Vaccine hesitancy , artificial intelligence, chatgpt

GİRİŞ
Aşılama, bulaşıcı hastalıkların önlenmesinde en etkili ve yaygın halk sağlığı stratejilerinden biridir. Ancak, aşılama oranlarının istenilen seviyeye ulaşamamasında aşı kararsızlığı önemli bir engel olarak ortaya çıkmaktadır. Aşı kararsızlığı, bireylerin aşıların güvenliği, etkinliği veya gerekliliği konusundaki endişeleri nedeniyle aşıları kabul etmekte tereddüt etmesi veya reddetmesi anlamına gelir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), aşı kararsızlığını küresel sağlık için öncelikli bir tehdit olarak tanımlamaktadır.
Türkiye'de de son yıllarda bu durumun arttığı ve özellikle yeni aşılar ile sosyal medya etkisinin önemli rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle, aşı kararsızlığını anlamak ve çözmek için etkili stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir.

Yapay zeka teknolojileri, bireylerin bilgiye hızlı erişimini sağlayarak ve kişisel endişelerine yanıt vererek bu konuda potansiyel çözümler sunmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yöntem

Çalışmada, aşı kararsızlığına yönelik yaygın nedenler olarak belirlenen beş senaryo (bilgi eksikliği, yan etki korkusu, güvensizlik, dini sebepler, sosyal medya etkisi) ele alınmış ve OpenAI ChatGPT 4.0 modeli kullanılarak yapay zekanın bu senaryolara yaklaşımı değerlendirilmiştir.

Bulgular

Senaryo 1: Bilgi Eksikliği Nedeniyle Aşı Kararsızlığı

10 yaşındaki çocukların ebeveynleri, aşıların faydaları ve güvenliği hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıklarını belirtti. ChatGPT'ye yönelttikleri sorular doğrultusunda, model bilimsel ve anlaşılır açıklamalarla aşıların toplumsal bağışıklık üzerindeki etkisini, olası yan etkilerin nadir ve geçici olduğunu vurguladı. Sonuç olarak, ebeveynlerin %70'i aşılama kararını olumlu yönde değiştirdi.

Ebeveynlerin aşıların faydaları ve güvenliği hakkındaki yetersiz bilgi, aşı kararsızlığının temel nedenlerinden biridir. Yapay zeka, kullanıcıların sorularını bilimsel ve kolay anlaşılır şekilde yanıtlayarak bilgi eksikliğini gidermede etkilidir.

Senaryo 2: Yan Etki Korkusunun Azaltılması

Bir grup ebeveyn, çocuklarında aşı sonrası yan etki gelişme korkusuyla çekimser kaldı. ChatGPT, spesifik aşıların yaygın yan etkileri ve bunların yönetimi hakkında kişiselleştirilmiş bilgi verdi. Bu sayede %60'ında kaygı düzeyi azaldı ve aşılama oranları arttı.

Aşıların olası yan etkilerine dair korkular, aşılama kararlarını olumsuz etkiler. Yapay zeka, yan etkilerle ilgili güncel ve doğru bilgileri sunarak bu korkuları azaltmaktadır.

Senaryo 3: Güvensizlik Sorununun Giderilmesi

Sağlık sistemi ve aşılara yönelik güvensizlik yaşayan bir toplulukta, yapay zeka doğru ve tarafsız bilgiler sunarak dezenformasyonun etkisini azalttı. Ayrıca, ChatGPT sosyal medya kaynaklarını analiz ederek yanlış bilgileri tespit edip uyarılarda bulundu. Bu yaklaşım, toplulukta güvenin artmasına ve aşılama oranlarında %15 artışa yol açtı.

Sağlık sistemine ve aşılara duyulan güvensizlik, aşı kararsızlığını artırır. Yapay zeka, tarafsız ve şeffaf bilgi vererek güven oluşturmaya katkı sağlar, aynı zamanda dezenformasyonu tespit ederek uyarıda bulunur.

Senaryo 4: Dini Hassasiyetlerin Gözetilmesi

Dini sebeplerle aşı kararsızlığı yaşayan ebeveynler için ChatGPT, ilgili dini otoritelerin aşı konusundaki olumlu görüşlerini referans göstererek bilgilendirme yaptı. Bu sayede, dini kaygılarını aşan %50 oranında ebeveyn aşı kararı verdi.

Dini inançlar, bazı ebeveynlerde aşılama konusunda tereddüt yaratabilir. Yapay zeka, dini hassasiyetleri gözeten ve uygun referanslarla destekleyen yanıtlar vererek bu sorunu aşmada yardımcı olabilir.

Senaryo 5: Sosyal Medya Dezenformasyonunun Azaltılması

Sosyal medya üzerinden yayılan yanlış aşı bilgileri nedeniyle tereddüt yaşayan bireylere, yapay zeka manipülatif içerikleri analiz edip doğru ve güvenilir kaynaklara yönlendirme yaptı. Bu yöntemle, sosyal medya kaynaklı şüphe %30 oranında azaldı.

Sosyal medyada yayılan yanlış ve manipülatif bilgiler, aşı kararsızlığını tetikler. Yapay zeka, dezenformasyonu tespit edip doğru bilgiyi yayarak bu etkiyi azaltabilir.

SONUÇ

Bu çalışma, yapay zekanın ebeveynlerin aşı kararsızlığını azaltmada etkin bir araç olabileceğini göstermektedir. Yapay zeka, bilgi eksikliğini giderme, korkuları azaltma, güven oluşturma ve yanlış bilgileri düzeltme gibi çok yönlü çözümler sunabilmektedir. Ancak, yapay zeka uygulamalarının etik kullanımı, veri gizliliği ve insan denetimi ile desteklenmesi gerekmektedir. Gelecekte, yapay zeka tabanlı sistemlerin sağlık profesyonelleriyle entegre edilmesi, toplumda aşılama oranlarının artırılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Betsch, C., Schmid, P., Heinemeier, D., Korn, L., Holtmann, C., & Böhm, R. (2018). Beyond confidence: Development of a measure assessing the 5C psychological antecedents of vaccination. *PLOS ONE*, 13(12), e0208601. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208601

Dubé, E., Gagnon, D., Nickels, E., Jeram, S., & Schuster, M. (2014). Mapping vaccine hesitancy—Country-specific characteristics of a global phenomenon. *Vaccine*, 32(49), 6649-6654. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.09.039

Hornsey, M. J., Harris, E. A., & Fielding, K. S. (2018). The psychological roots of anti-vaccination attitudes: A 24-nation investigation. *Health Psychology*, 37(4), 307-315. https://doi.org/10.1037/hea0000586

Jolley, D., & Douglas, K. M. (2014). The effects of anti-vaccine conspiracy theories on vaccination intentions. *PLoS ONE*, 9(2), e89177. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089177

Larson, H. J., Jarrett, C., Schulz, W. S., et al. (2015). Measuring vaccine hesitancy: The development of a survey tool. *Vaccine*, 33(34), 4165-4175. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.04.037

MacDonald, N. E., & the SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy. (2015). Vaccine hesitancy: Definition, scope and determinants. *Vaccine*, 33(34), 4161-4164. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.04.036

Opel, D. J., Mangione-Smith, R., Taylor, J. A., et al. (2011). Development of a survey to identify vaccine-hesitant parents: The parent attitudes about childhood vaccines survey. *Human Vaccines*, 7(4), 419-425. https://doi.org/10.4161/hv.7.4.14120

Wilson, S. L., & Wiysonge, C. (2020). Social media and vaccine hesitancy. *BMJ Global Health*, 5(10), e004206. https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004206

World Health Organization (WHO). (2019). Report of the SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy.

COMPARATIVE EVALUATION OF URIC ACID/HDL-C, NON-HDL-C/HDL-C, AND ATHEROGENIC INDEX OF PLASMA FOR PREDICTING NO-REFLOW AFTER SAPHENOUS VEIN GRAFT PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTION IN NON-ST-SEGMENT ELEVATION ACUTE CORONARY SYNDROME

Pınar ÖZMEN YILDIZ
Department of Cardiology, Health Sciences University, Adana City Training and Research Hospital
ORCID: 0000-0001-6239-850X

ABSTRACT

Objective:
No-reflow following percutaneous coronary intervention (PCI) for saphenous vein graft (SVG) lesions is prognostically unfavorable complication in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome (NSTE-ACS). The non-high-density lipoprotein to high-density lipoprotein cholesterol ratio (non-HDL-C/HDL-C) and the atherogenic index of plasma (AIP), have previously demonstrated predictive value for the no-reflow phenomenon in ST- segment elevation myocardial infarction; however, their utility in predicting the no-reflow phenomenon following SVG intervention remains unclear. Although the uric acid/HDL-C ratio is known to be associated with coronary artery disease, its prognostic utility in predicting no-reflow has not been established. This study aimed to evaluate and compare the predictive roles of uric acid/HDL-C ratio, non-HDL-C/HDL-C ratio, and AIP in identifying patients at risk of no-reflow after SVG PCI in the setting of NSTE-ACS.

Methods:
This retrospective study enrolled 139 consecutive patients with NSTE-ACS who underwent PCI for de novo SVG lesions between June 2023 and May 2025 at a tertiary cardiovascular center. Patients were divided into two groups according to post-procedural angiographic flow: no-reflow (n = 37) and normal reflow (n = 102), with no-reflow defined as thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) flow grade ≤ 2. Clinical, laboratory, and procedural variables were obtained from institutional electronic records. AIP was calculated as $\log_{10}$(triglyceride/HDL-C).

Results:
Patients with no-reflow were significantly older and had lower left ventricular ejection fraction. They also exhibited higher mean platelet volume, urea, and uric acid levels. All three atherogenic markers—uric acid/HDL-C (0.2 [0.1–0.4] vs. 0.1 [0.1–0.2], $p < .001$), non-HDL-C/HDL-C (4.4 [3.1–8.3] vs. 3.8 [2.6–5.3], $p = .021$), and AIP (0.7 ± 0.4 vs. 0.5 ± 0.4, $p = .011$)—were significantly elevated in the no-reflow group. Procedural characteristics associated with no-reflow included degenerated SVGs, lower baseline TIMI flow grade, higher number and longer length of stents, and more frequent use of glycoprotein IIb/IIIa inhibitors. In multivariate analysis, uric acid/HDL-C ratio (OR: 1.076; 95% CI: 1.010–1.148; $p = .024$), total stent length (OR: 1.077; $p = .035$), and baseline TIMI flow grade (OR: 0.536; $p = .039$) independently predicted no-reflow. ROC analysis for uric acid/HDL-C yielded an area under the curve (AUC) of 0.695 ($p < .001$), with a cut-off of 0.28 providing 95.1% specificity and 40.5% sensitivity.

Conclusion:
Among the evaluated atherogenic markers, only the uric acid/HDL-C ratio independently predicted the no-reflow phenomenon following PCI of SVG lesions in NSTE-ACS patients. These findings suggest that uric acid/HDL-C ratio may serve as a simple, non-invasive, and highly specific biomarker to identify patients at elevated risk for no-reflow, potentially aiding in risk stratification for SVG interventions in the setting of NSTE-ACS.
Keywords: Uric acid, percutaneous coronary intervention, acute coronary syndrome.

SAFEN GREFTİ PERKÜTAN KORONER GİRİŞİMİ SONRASI ST SEGMENT ELEVASYONSUZ AKUT KORONER SENDROMDA NO-REFLOW'U ÖNGÖRMEDE ÜRİK ASİT/HDL-K, NON-HDL-K/HDL-K VE PLAZMANIN ATEROJENİK İNDEKSİ'NİN KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Amaç:
Safen ven grefti (SVG) lezyonlarına yönelik perkütan koroner girişim (PKG) sonrası gelişen no-reflow, ST segment elevasyonsuz akut koroner sendrom (NSTE-AKS) hastalarında prognostik açıdan olumsuz bir komplikasyondur. Non-high-density lipoprotein kolesterol ile high-density lipoprotein kolesterol oranı (non-HDL-K/HDL-K) ve plazmanın aterojenik indeksi (AIP) daha önce ST segment elevasyonlu miyokart enfarktüsünde no-reflow fenomenini öngörmede değerli bulunmuştur; ancak SVG girişimi sonrası no-reflow'u öngörmedeki rolleri belirsizdir. Ürik asit/HDL-K oranının koroner arter hastalığı ile ilişkili olduğu bilinmesine rağmen, no-reflow'u öngörmedeki prognostik değeri ortaya konmamıştır. Bu çalışmanın amacı, NSTE-AKS'li hastalarda SVG PKG sonrası no-reflow gelişim riskini öngörmede ürik asit/HDL-K, non-HDL-K/HDL-K oranı ve AIP'nin prediktif rollerini değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.
Yöntemler:
Bu retrospektif çalışmaya, Haziran 2023 ile Mayıs 2025 arasında üçüncü basamak bir kardiyovasküler merkezde de novo SVG lezyonlarına PCI uygulanan ardışık 139 NSTE-AKS hastası dahil edilmiştir. Hastalar işlem sonrası anjiyografik akıma göre no-reflow (n=37) ve normal reflow (n=102) olarak iki gruba ayrılmıştır. No-reflow, trombolizis in miyokard enfarktüsü (TIMI) akım derecesi ≤ 2 olarak tanımlanmıştır. Klinik, laboratuvar ve prosedürel veriler kurumun elektronik kayıtlarından elde edilmiştir. AIP, $\log_{10}$(trigliserid/HDL-K) formülüyle hesaplanmıştır.
Bulgular:
No-reflow gelişen hastalar anlamlı olarak daha yaşlı ve daha düşük sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonuna sahipti. Bu grupta ortalama trombosit hacmi, üre ve ürik asit düzeyleri daha yüksekti. Ürik asit/HDL-K (0,2 [0,1–0,4] vs. 0,1 [0,1–0,2], p<0,001), non-HDL-K/HDL-K (4,4 [3,1–8,3] vs. 3,8 [2,6–5,3], p=0,021) ve AIP (0,7±0,4 vs. 0,5±0,4, p=0,011) değerleri no-reflow grubunda anlamlı olarak yüksekti. Prosedürel olarak no-reflow ile ilişkili faktörler arasında dejeneratif SVG'ler, daha düşük başlangıç TIMI akım derecesi, daha fazla sayıda ve daha uzun stent kullanımı ile glikoprotein IIb/IIIa inhibitörü kullanımının daha sık olması yer aldı. Çok değişkenli analizde, ürik asit/HDL-K oranı (OR: 1,076; %95 GA: 1,010–1,148; p=0,024), toplam stent uzunluğu (OR: 1,077; p=0,035) ve başlangıç TIMI akım derecesi (OR: 0,536; p=0,039) bağımsız prediktörler olarak saptandı. ROC analizinde ürik asit/HDL-K oranı için eğri altındaki alan (EAA) 0,695 (p<0,001) olup, 0,28 cut-off değeri %95,1 özgüllük ve %40,5 duyarlılık sağladı.

Sonuç:
Değerlendirilen aterojenik belirteçler arasında yalnızca ürik asit/HDL-K oranı, NSTE-AKS hastalarında SVG PKG sonrası no-reflow fenomenini bağımsız olarak öngördü. Bulgular, ürik asit/HDL-K oranının, no-reflow açısından yüksek riskli hastaları belirlemede basit, non-invaziv ve yüksek özgüllüğe sahip bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini, böylece NSTE-AKS'li hastalarda SVG girişimleri öncesi risk sınıflamasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ürik asit, perkütan koroner girişim, akut koroner sendrom.

ALZHEİMER HASTALIĞINDA UYKU KALİTESİ İLE KORTİKAL ATROFİ İLİŞKİSİ

Ozlem TOTUK
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Medicine, Department of Neurology, Sancaktepe Şehit Prof. Dr. İlhan Varank SUAM
ORCID: 0000-0001-7274-025X

Özet
Alzheimer hastalığında uyku bozuklukları sık görülmekte ve hastalığın seyrini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışma, uyku kalitesinin beyindeki yapısal değişiklikleri ile ilişkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmaya dahil edilen 160 Alzheimer hastası, Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PSQI) skorlarına göre iyi ve kötü uyuyanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Tüm hastaların beyin MRG görüntüleri üzerinden medial temporal atrofi (MTA), beyaz cevher değişiklikleri (Fazekas) ve parietal atrofi (Koedam skoru) değerlendirilmiştir. Bulgular, kötü uyuyan grubun anlamlı düzeyde daha yüksek Koedam skorlarına sahip olduğunu, bunun da daha fazla parietal atrofiye işaret ettiğini göstermiştir. MTA ve Fazekas skorlarında iki grup arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Çok değişkenli analizler sonucunda, kötü uyku kalitesinin artmış Koedam skoru ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Bu bulgular, uyku kalitesinin Alzheimer hastalarında yalnızca davranışsal değil, aynı zamanda yapısal değişimlerle de ilişkili olduğunu ortaya koymakta ve uyku değerlendirmesinin klinik yönetimde dikkate alınması gerektiğini düşündürmektedir.
Anahtar Kelimeler: Alzheimer hastalığı, uyku kalitesi, beyin atrofisi, Koedam skoru, MRI

ASSOCIATION BETWEEN SLEEP QUALITY AND CORTICAL ATROPHY IN ALZHEIMER'S DISEASE

Abstract
Sleep disturbances are common in Alzheimer's disease and may negatively impact the course of the illness. This study aimed to examine the relationship between sleep quality and structural brain changes in Alzheimer's patients. A total of 160 individuals with Alzheimer's disease were included and classified into two groups as good and poor sleepers based on the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) scores. All participants underwent brain MRI, and medial temporal atrophy (MTA), white matter changes (Fazekas), and parietal atrophy (Koedam score) were visually assessed. The findings revealed that poor sleepers had significantly higher Koedam scores, indicating greater parietal cortical atrophy. No significant differences were found between the groups in terms of MTA and Fazekas scores. Multivariate analysis demonstrated that poor sleep quality was independently associated with increased Koedam scores. These results suggest that sleep quality in Alzheimer's disease is related not only to behavioral symptoms but also to structural brain alterations. Evaluating sleep quality may therefore be important in the clinical management of Alzheimer's disease.
Keywords: Alzheimer's disease, sleep quality, brain atrophy, Koedam score, MRI

CASE REPORT: STAPHYLOCOCCAL SCALDED SKIN SYNDROME IN A 4-YEAR-OLD GIRL

Mehmet Enes GÜNER
Besni Devlet Hastanesi, Clinic of Dermatology
ORCID: 0000-0001-5424-4674

Abstract

A 4-year-old previously healthy girl was admitted with a 2–3 day history of high-grade fever, irritability, and a rapidly progressing generalized rash. On physical examination, erythematous and desquamating patches were observed predominantly in periorbital and perioral areas (Figure 1), as well as flexural zones. A positive Nikolsky sign was noted (Figure 2), with easy detachment of the superficial epidermis upon gentle pressure. The patient exhibited tenderness over affected skin regions, while mucosal surfaces were spared. Based on the clinical presentation, Staphylococcal Scalded Skin Syndrome (SSSS) was diagnosed. Empirical intravenous cefazolin therapy was initiated promptly. Blood cultures were sterile, which is commonly observed in SSSS. Over the course of one week, the cutaneous lesions improved significantly, with complete re-epithelialization and resolution of systemic symptoms.

Staphylococcal Scalded Skin Syndrome is a toxin-mediated dermatologic emergency caused by exfoliative toxins (ETA/ETB) released by *Staphylococcus aureus*, predominantly affecting infants and young children. These toxins cleave desmoglein-1, leading to intraepidermal splitting at the granular layer. SSSS typically presents with fever, widespread erythema, skin tenderness, and flaccid bullae that rupture easily. Nikolsky sign is characteristically positive. Differential diagnoses include Stevens-Johnson syndrome, toxic epidermal necrolysis, and Kawasaki disease. Management requires prompt initiation of systemic antistaphylococcal antibiotics and supportive care. Prognosis in children is excellent with timely treatment, though adults face higher mortality due to underlying comorbidities.

This case highlights the importance of early recognition of SSSS, especially in pediatric patients presenting with fever and exfoliative dermatitis, and demonstrates a favorable outcome with rapid antibiotic intervention.

Fig.1. Perioral and periorbital lesions

Fig.2. Nikolsky sign

Keywords: Staphylococcal scalded skin syndrome, Exfoliative dermatitis, Staphylococcus aureus, Desmoglein-1

PAPILLON-LEFÈVRE SYNDROME IN A PEDIATRIC PATIENT WITH SEVERE CUTANEOUS AND PERIODONTAL MANIFESTATIONS

Mehmet Enes GÜNER
Besni Devlet Hastanesi, Clinic of Dermatology
ORCID: 0000-0001-5424-4674

Abstract

A 5-year-old girl presented with diffuse xerosis, erythema, and hyperkeratotic plaques prominently affecting the face, extremities, and flexural areas. Dermatological examination revealed diffuse, well-demarcated, yellow-brown hyperkeratotic plaques involving the soles and palms, accompanied by fissuring (Figure 1). There were psoriasiform plaques on her feet (Figure 2). Her medical history revealed delayed dentition, rapid loss of primary teeth, and recurrent dental abscesses. At the time of examination, the patient declined to provide intraoral photographs; however, dental records confirmed advanced periodontitis with premature exfoliation of deciduous teeth. In addition, the patient refused imaging of a well-demarcated, erythematous plaque resembling psoriasis on the anterior aspect of her left knee.

The patient had a known consanguineous background, and genetic analysis, conducted with ethical consent, revealed a pathogenic homozygous mutation in the *CTSC* gene, confirming the diagnosis of Papillon-Lefèvre Syndrome (PLS). No systemic abnormalities or neurological deficits were identified. Family screening revealed no other affected individuals.

PLS is a rare autosomal recessive disorder characterized by palmoplantar keratoderma and severe periodontitis, usually beginning in early childhood. It is caused by mutations in the *CTSC* gene, which encodes cathepsin C, a lysosomal protease critical for immune and epithelial homeostasis. While dermatologic findings often include transgradient keratoderma, psoriasiform plaques may also occur. The dental manifestations typically lead to complete loss of primary and permanent dentition by adolescence. Early diagnosis is essential to guide genetic counseling and initiate multidisciplinary care involving dermatology, dentistry, and pediatrics.

This case highlights the phenotypic variability of PLS, including atypical cutaneous presentations and the challenges in documentation due to patient non-cooperation. Genetic testing was instrumental in reaching a definitive diagnosis and planning long-term follow-up.

Fig.1. Palmoplantar keratoderma

Fig.2. Psoriasiform plaques of the feet of the patient

Keywords: Papillon-Lefèvre Syndrome, palmoplantar keratoderma, CTSC mutation, genodermatosis, pediatric dermatology

MANTAR MİSELYUMU KATKILI TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERİN GELİŞTİRİLMESİ

Onur FAKI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0009-4727-4010

Prof. Dr. Özgür DEMİRCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8235-3966

ÖZET

Gelişen dünyamız ve ülkemizdeki biyokompozit malzeme ihtiyacına talep her geçen gün artıyor. Bu artışla birlikte biyokompozit malzeme imalatı da hızla yükseliyor. Miselyum biyo-kompozitlerinin termal özellikleri son yıllarda araştırmacıların özel ilgisini çekmektedir; birçoğu yangın güvenliği ve ısı yalıtımı için Miselyum biyo-kompozitlerin kullanılmasının fizibilitesini araştırmıştır. Önerilen çalışmada, polipropilen granüllere miselyum takviyesi ekleyerek istenilen termal ve mekanik özelliklerin geliştirilmesini hedeflemektedir. Bu yaklaşım, malzeme maliyetini düşürmek ve sürdürülebilirlik sağlamak için yenilikçi bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Önerilen çalışmada, miselyumun doğal ısı dayanımı ve sürdürülebilir özellikleri, polipropilen polimerine aktarılacak, böylelikle polimerin özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yenilikçi yaklaşımın aynı zamanda üretim maliyetlerini azaltması beklenmektedir.

Bu araştırmada çevresel etkileri azaltmak ve mekanik performansı artırmak amacıyla, polipropilen (PP) esaslı plastik malzemelere yenilenebilir bir biyomalzeme olan mantar miselyumu katkısı ile geliştirilen kompozitlerin üretimi ve özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, proje süresince üretilen ve yetiştirilen miselyum mantarı olgunlaştırılıp kurutulup halhalı öğütücüde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Belirlenen yüzdelik oranlarda (ağırlıkça %0, %0,5, %1 ve %2) misel, kaplanacak olan PP'ye oranlanarak etanol ilave edilerek 15 dakika boyunca 600 dev/dk manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Solüsyon ultrasonik banyoya alınarak 15 dakika boyunca işlem sürmüştür. Ardından karışım ultrasonik homojenizatöre alınarak yine 15 dk süre boyunca işlem sürmüştür. Sonrasında bu süreç manyetik karıştırıcı olmadan homojenliği sağlamak amacıyla iki kez tekrarlanmıştır.

Toz haline getirilen miselyum mantarı ile PP polimerlerinin yüzeyi kaplanmış ve yüzeyi kaplanmış PP polimerleri ile sıcak pres makinasında ağırlıkça %0, %0,5, %1 ve %2 oranlarında miselyum içeren termoplastik kompozit malzemeler üretilmiştir. %1 miselyum katkılı PP kompozit, 28,8 MPa maksimum çekme gerilmesi ile saf PP (24,0 MPa) ve %0,5 (25,9 MPa) miselyum katkılı numuneye kıyasla en yüksek mukavemet göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Miselyum, Polipropilen, Yenilenebilir, Kompozit, Sıcak pres, Çekme özelliği.

DEVELOPMENT OF MUSHROOM MYCELIUM INCLUDE THEMROPLASTIC COMPOSITE MATERIALS

ABSTRACT

The demand for biocomposite materials in our developing world and our country is increasing day by day. With this increase, the production of biocomposite materials is also increasing rapidly. The thermal properties of mycelium biocomposites have attracted particular attention from researchers in recent years; many have investigated the feasibility of using mycelium biocomposites for fire safety and thermal insulation. The proposed study aims to improve the desired thermal and mechanical properties by adding mycelium reinforcement to polypropylene granules. This approach stands out as an innovative method for reducing material costs and ensuring sustainability. The proposed study aims to transfer the inherent heat resistance and sustainable properties of mycelium to the polypropylene polymer, thereby improving its properties. This innovative approach is also expected to reduce production costs.

In this research, in order to reduce environmental impacts and increase mechanical performance, the production and properties of composites developed with the addition of mushroom mycelium, a renewable biomaterial, polypropylene (PP) based plastic materials were examined. For this purpose, the mycelium mushroom produced and grown during the project was matured, dried, and ground in a chain mill to become powder. Ethanol was added at predetermined percentages (0%, 0.5%, 1%, and 2% by weight) of micelles to the PP to be coated, and the mixture was stirred for 15 minutes using a magnetic stirrer at 600 rpm. The solution was placed in an ultrasonic bath and stirred for 15 minutes. The mixture was then transferred to an ultrasonic homogenizer and stirred for another 15 minutes. This process was then repeated twice, without a magnetic stirrer, to ensure homogeneity.

The surface of PP polymers was coated with powdered mycelium fungus and thermoplastic composite materials containing mycelium at 0%, 0.5%, 1% and 2% by weight were produced with the surface coated PP polymers in a hot press machine. The 1% mycelium added PP composite showed highest strength with a maximum tensile stress of 28.8 MPa compared to the pure PP (24.0 MPa) and 0.5% (25.9 MPa) mycelium added samples.

Keywords: Mycelium, Polypropylene, Renewable, Composite, Hot press, Tensile properties.

GİRİŞ

Plastik malzemelerin küresel ölçekte kullanım miktarı her geçen yıl artmakta olup, günlük yaşamın hemen her alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ev eşyalarından ambalaj sektörüne, otomotivden tekstil endüstrisine kadar geniş bir ürün yelpazesinde temel hammadde olarak plastik esaslı polimerler tercih edilmektedir. Düşük maliyeti, kolay işlenebilirliği ve geniş uygulama alanı sayesinde polipropilen (PP), günümüzde en yaygın kullanılan ticari termoplastik polimerlerden biri olarak önemli bir pazar payına sahiptir. Ayrıca termoplastiklerin geri dönüştürülebilir yapısı, sürdürülebilir malzeme geliştirme açısından dikkat çekici bir potansiyel sunmaktadır.

Bununla birlikte, polipropilen mekanik ve termal dayanım gibi bazı özellikler bakımından sınırlılıklara sahiptir. Bu nedenle, PP'nin performansını artırmaya yönelik çeşitli takviye edici malzemelerin kullanımı literatürde geniş bir araştırma alanı bulmuştur. Son yıllarda çevre dostu ve yenilenebilir kaynaklara yönelik artan ilgi, biyomalzeme katkılı kompozitlerin geliştirilmesini ön plana çıkarmaktadır. Doğal olarak biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerden elde edilen malzemeler, fosil yakıtlara olan bağımlılığı en aza indirme ve sürdürülebilir çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır (Essabir ve ark., 2016).

Geleneksel plastiklerin yerine geçebilecek en dikkat çekici alternatiflerden biri miselyum bazlı kompozitlerdir. Bu malzemeler, düşük enerji tüketimiyle üretilebilmeleri ve karbon nötr özellikleri sayesinde çevre dostu bir üretim yaklaşımı sunmaktadır (Jones ve ark., 2020). Uygulama alanları oldukça geniştir; son yıllarda mimar ve tasarımcıların ilgisini çekerek ambalaj sektöründen akustik yalıtıma kadar farklı ölçeklerde kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, Ecovative firmasının geliştirdiği ambalaj ürünleri ve MOGU'nun akustik panelleri, bu malzemelerin endüstriyel kullanımına öncülük etmektedir. Ayrıca, MycoTree (Heisel ve ark., 2017) ve Growing Pavilion (The Growing Pavilion, 2019) gibi büyük ölçekli projeler, miselyum kompozitlerin geçici yapı elemanlarında da uygulanabileceğini göstermektedir. Beton ve tuğla gibi geleneksel yapı malzemelerine kıyasla yeni bir kavram olan bu biyokompozitler üzerine yapılan araştırmalar henüz başlangıç aşamasında olup, farklı miselyum türleri ve substratlar kullanılarak mekanik performans (Attias ve ark., 2020; Haneef ve ark., 2017), morfolojik yapı ve dayanım özellikleri (Islam ve ark., 2017) üzerine yoğunlaşan çalışmalar giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, biyobozunur ve sürdürülebilir bir kaynak olan mantar miselyumu, polipropilen matrisli kompozitlerin geliştirilmesinde katkı malzemesi olarak değerlendirilmiştir. Miselyum; mantarların yeraltında gelişen, ipliksi yapıda ve kök benzeri morfolojiye sahip bir ağ sistemi olup, doğal yapısı gereği suya, ateşe ve küfe karşı yüksek direnç göstermektedir. Hızlı büyüyen ve bulunduğu alt tabakayı kaplayarak sindiren miselyum, hif adı verilen ince lifler aracılığıyla güçlü doğal bağlar oluşturmaktadır (Sivaprasad ve ark., 2021). Bu özellikleri sayesinde miselyum, yenilikçi ve işlevsel bir biyomalzeme olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma kapsamında üretilen kompozit malzemelerin fiziksel, mekanik ve yanma dayanımı özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu araştırma, yalnızca polimer kompozitler alanında yeni bir yaklaşım sunmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda çevresel etkileri azaltan biyomalzeme katkılı malzemelerin geliştirilmesine de katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Elde edilen deneysel verilerin, sürdürülebilir plastik üretimi ve ileri kompozit teknolojileri açısından anlamlı sonuçlar ortaya koyması beklenmektedir.

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

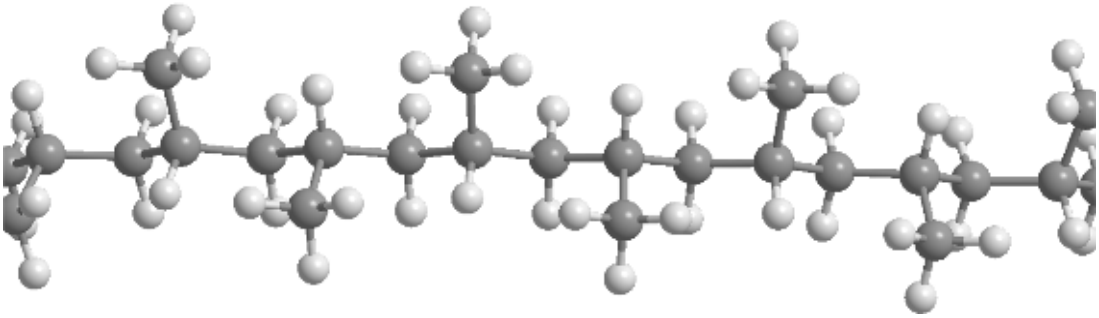
Polipropilen (PP)

Polipropilen (PP), propilen monomerinin katalitik polimerizasyonu ile elde edilen yarı kristalin, termoplastik bir polimerdir. Düşük yoğunluğu, kolay işlenebilirliği, yüksek kimyasal direnç göstermesi ve mekanik özelliklerinin uygulamaya göre uyarlanabilmesi sayesinde otomotiv, tekstil, ambalaj ve beyaz eşya gibi birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca geri dönüştürülebilir yapısı nedeniyle sürdürülebilir malzeme geliştirme açısından da önemli bir potansiyele sahiptir (tr.wikipedia.org/wiki/Polipropilen).

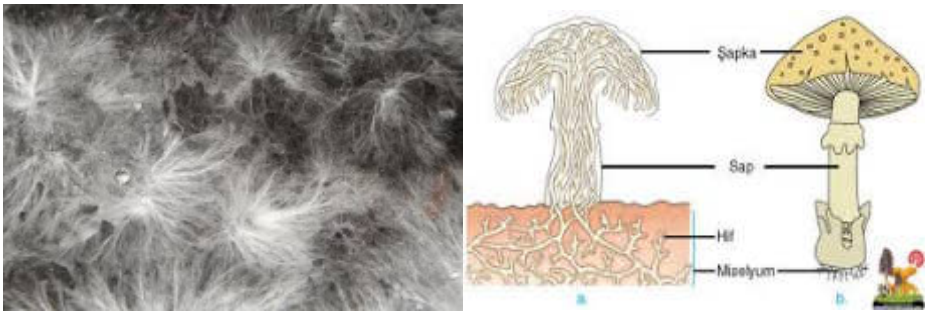
Mantar Miselyumu

Ekosistemlerde organik maddenin parçalanmasında ve toprak sağlığının korunmasında temel bir rol üstlenen miselyum, son yıllarda biyoteknoloji, malzeme bilimi ve sürdürülebilir üretim alanlarında dikkat çeken bir biyolojik hammadde olarak öne çıkmaktadır. Lifsi yapısı sayesinde biyobozunur, hafif, dayanıklı ve şekillendirilebilir malzemelerin üretimine olanak tanıyan miselyum, bu özellikleriyle alternatif yapı malzemeleri, tekstil ürünleri, biyopaketleme çözümleri, deri benzeri materyaller ve kompozit üretiminde kullanılma potansiyeline sahiptir (en.wikipedia.org/wiki/Mycelium).

Miselyum temelli üretim süreçlerinin düşük enerji ve su ihtiyacı gerektirmesi, tarımsal atıkların değerlendirilmesine imkân sağlaması ve karbon ayak izinin minimize edilmesi gibi çevresel avantajlar, onu sürdürülebilir malzeme teknolojileri açısından cazip bir seçenek haline getirmektedir.
Sonuç olarak, miselyum yalnızca mantarların vejetatif büyüme formu olmanın ötesinde, sürdürülebilir malzeme geliştirme için yenilikçi ve umut vadeden bir biyolojik kaynak olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda miselyum, çevre dostu üretim teknolojileri ve döngüsel ekonomi yaklaşımlarının gelişiminde stratejik bir rol üstlenmektedir.



Şekil 1. PP'nin Kimyasal Yapısı



Şekil 2. Mantar Miselyumu

Bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir çevre yaklaşımlarına katkı sağlamak üzere, biyo-bazlı ve geri dönüştürülebilir polimerik kompozitlerin üretilmesi ve geliştirilmesidir. Bu kapsamda;
a) Polipropilen esaslı matris içerisine katkı malzemesi olarak mantar miselyumu entegre edilecektir.
b) Sıcak pres yöntemi kullanılarak miselyum takviyeli PP kompozit numuneler üretilecektir.
c) Üretilen numuneler üzerinde çekme testi gerçekleştirilecektir.

Misel Üretimi
Projenin yürütülmesinde kullanılacak miselyumun yetiştirilmesi belirli bir zaman gerektirdiğinden, yaklaşık iki aylık bir süreçte miselyum kültürleri büyütülmüştür. Büyüme süreci boyunca ortam koşulları kontrol altında tutulmuş; sıcaklık oda koşullarında sabitlenmiş, nem oranı ise %60–80 aralığında sürdürülmüştür. Elde edilen miselyumlar, sonraki işlemlere hazırlanmak üzere hasat edilmiş ve öğütme işlemine tabi tutulmadan önce kurutulmuştur.

Şekil 3. Miselin Büyütme-Toplama-Kurutma-Öğütme Aşamaları

Solüsyon Hazırlanması ve Kaplama

Belirlenen ağırlıkça yüzdelik oranlarda (%0, %0,5, %1, %2) miselyum, polipropilen (PP) ile kaplama yapılacak şekilde tartılarak etanol ortamına eklenmiştir. Hazırlanan karışım, ön homojenizasyonun sağlanabilmesi amacıyla 600 dev/dk hızla çalışan manyetik karıştırıcıda 15 dakika süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra karışım, ultrasonik banyoda 15 dakika boyunca işleme tabi tutulmuştur. Bu aşamayı takiben, karışım ultrasonik homojenizatöre aktarılmış ve 15 dakika daha homojenizasyon uygulanmıştır. Tüm prosedür, manyetik karıştırıcı kullanılmadan yalnızca ultrasonik yöntemlerle iki kez daha tekrarlanmıştır. Bu yöntem, miselyumun çözelti içerisinde homojen dağılımını sağlamak ve kaplama etkinliğini artırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4. Manyetik karıştırıcı-Ultrasonik banyo-Ultrasonik Homojenizatör

Hazırlanan solüsyon PP üzerine püskürtülerek kaplanmıştır ve etanolün uçması için etüv fırınında 60 C° de 1 saat bekletilmiştir.

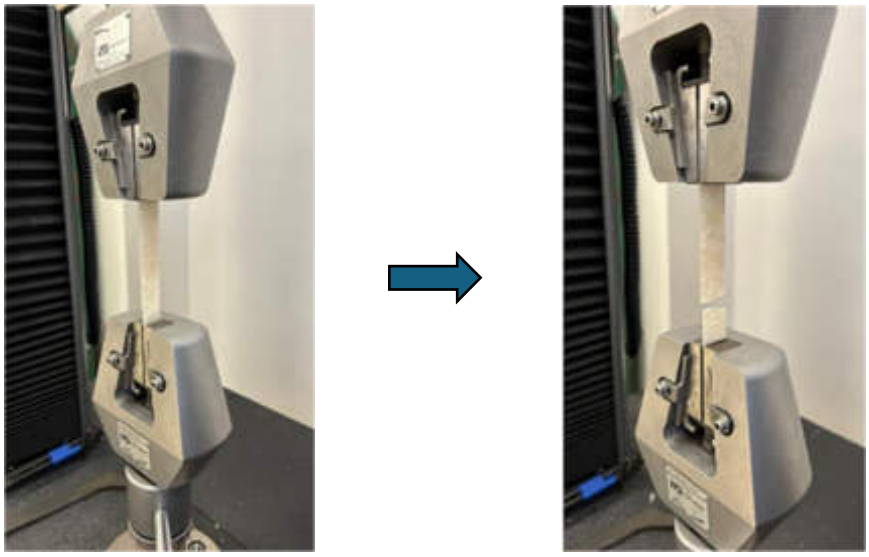
Şekil 5. Miselle Kaplanmış ve Etüvde Kurutulmuş PP

Sıcak Pres Makinesi ile Numune Üretimi

Üretim süreci kapsamında, sıcak presleme işlemi 2 tonluk basınç altında gerçekleştirilmiştir. Numuneler, oda sıcaklığından başlanarak kontrollü bir şekilde 180 °C'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta polimer matrisin ergimesi sağlanmıştır. Bunu takiben, numuneler yine kontrollü koşullar altında oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Tüm presleme döngüsü yaklaşık 80 dakika içerisinde tamamlanmış olup, bu prosedür malzemenin hedeflenen yapısal özellikleri kazanmasını sağlamak amacıyla standart bir üretim protokolü olarak uygulanmıştır.

Kompozit Numunelere Uygulanan Testler

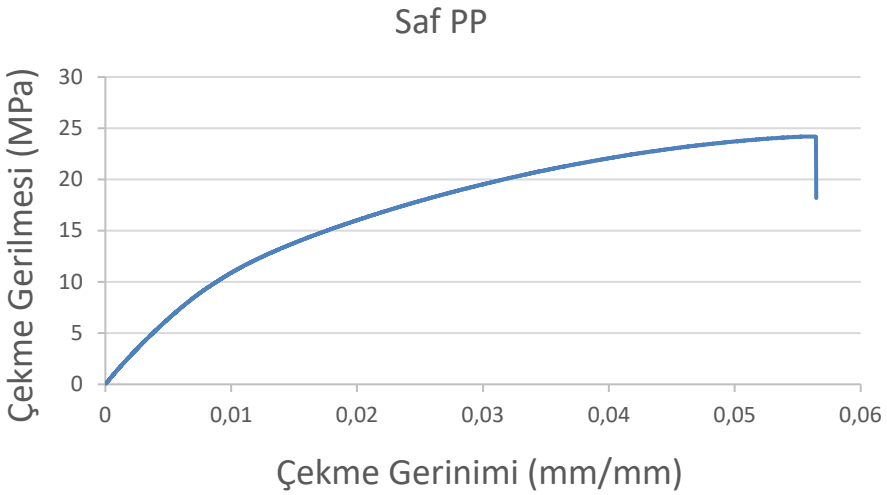
Kompozit plakalar, çekme testi numune standartlarında kesilerek mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla çekme testine tabi tutulmuştur.



Şekil 6. %0.5 Misel Bulunan PP'nin Çekme Testi

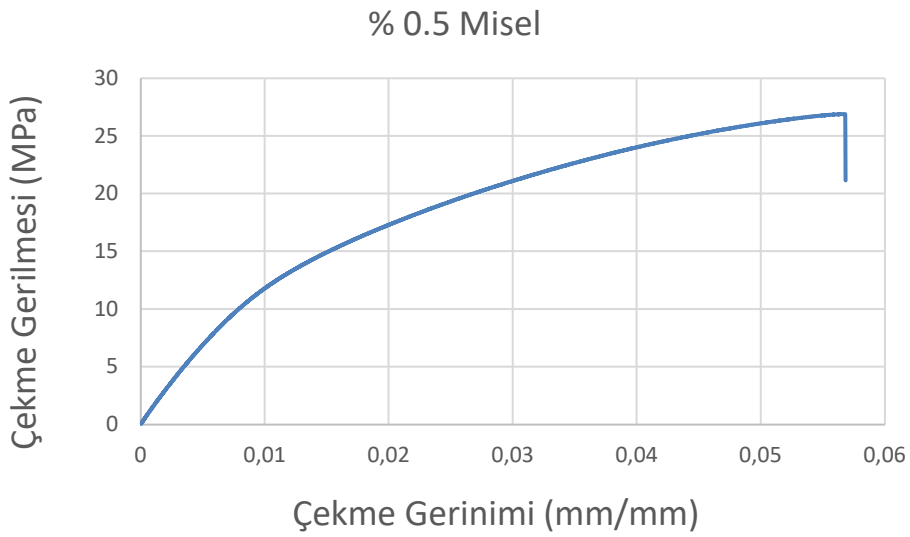
BULGULAR

Çekme Testi Sonuçları



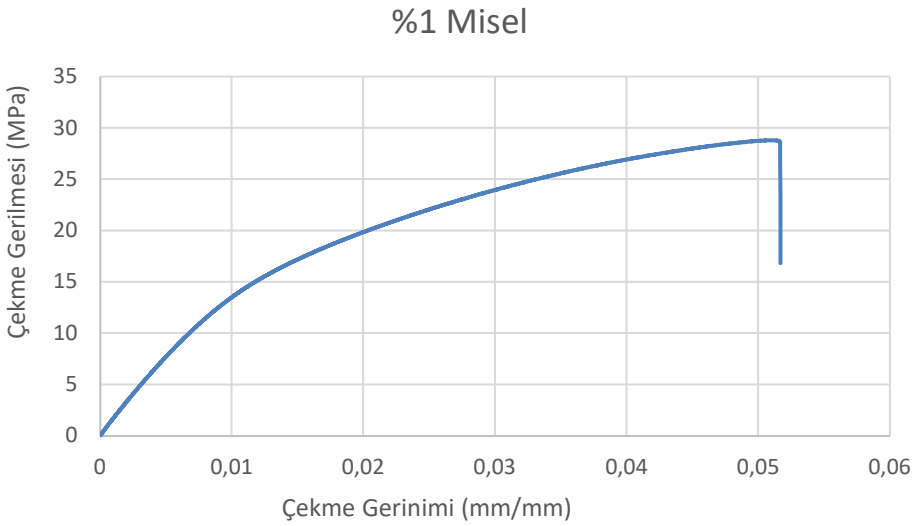
Şekil 7. Saf PP'nin Çekme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

Saf polipropilenin çekme testi sonucunda, malzemenin elastik ve plastik deformasyon bölgeleri gözlenmiş; yaklaşık 24,04 MPa maksimum çekme dayanımı ve %5,5–6 kopma gerinimi elde edilmiştir. Bu veriler, PP'nin sünek yapıda, orta mukavemetli bir polimer olduğunu ortaya koymakta ve miselyum katkılı kompozitlerle karşılaştırmalar için referans oluşturmaktadır.



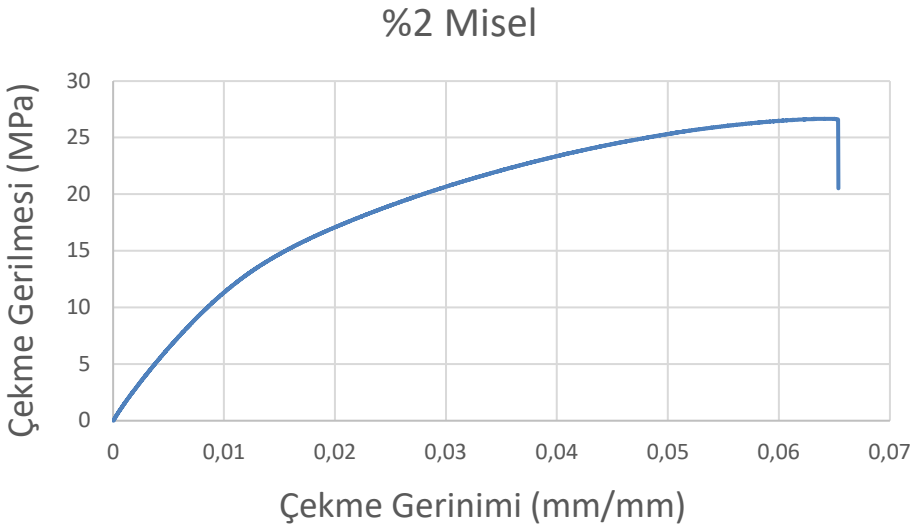
Şekil 8. %0.5 Miselyum İçeren PP'nin Çekme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

%0,5 oranında miselyum içeren PP kompozit numunesinin çekme testi sonucunda, malzeme yaklaşık 25,92 MPa maksimum çekme gerilmesine ulaşarak saf PP'ye göre daha yüksek bir dayanım sergilemiştir. Kopma gerinimi %5,7 seviyelerinde ölçülmüş olup süneklik büyük ölçüde korunmuştur. Bu sonuçlar, düşük orandaki miselyum katkısının PP'nin mekanik özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. %1 Miselyum İçeren PP'nin Çekme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

%1 oranında miselyum katkılı PP kompozit numunesinin çekme testi sonucunda, yaklaşık 28,8 MPa maksimum çekme gerilmesine ulaşılarak saf PP ve %0,5 katkılı numuneye kıyasla daha yüksek bir dayanım elde edilmiştir. Kopma gerinimi ise %5 seviyelerinde kalmış, bu da süneklik açısından sınırlı bir gelişmeye işaret etmiştir. Elde edilen veriler, %1 miselyum katkısının PP matrisinde mekanik performansı artırmada en uygun katkı oranlarından biri olabileceğini göstermektedir.



Şekil 10. %2 Miselyum İçeren PP'nin Çekme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

%2 miselyum katkılı PP kompozit numunesi, yaklaşık 0,063 mm/mm gerinimde 26,54 MPa maksimum çekme gerilmesine ulaşmış ve sünek davranış sergileyerek önemli bir plastisite göstermiştir. Bu sonuç, %2 miselyum katkısının mekanik özellikleri artırıcı etkisini ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çekme testi çalışmaları, saf polipropilen (PP) ve farklı oranlarda miselyum katkısı içeren PP kompozitlerin mekanik performanslarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Saf PP, yaklaşık 24,04 MPa maksimum çekme gerilmesi ve %5,5–6 kopma gerinimi ile orta düzeyde mukavemet ve iyi süneklik sergilemiştir. Miselyum katkısının eklenmesi, özellikle düşük oranlarda, PP matrisinin mekanik dayanımını artırıcı bir etki göstermiştir.

%0,5 miselyum katkısı ile maksimum çekme gerilmesi 25,9 MPa'a yükselmiş ve süneklik büyük ölçüde korunmuştur. %1 katkıda ise maksimum çekme gerilmesi 28,8 MPa'a ulaşarak hem saf PP hem de %0,5 katkılı numuneye kıyasla belirgin bir dayanım artışı gözlenmiştir. Bu sonuç, %1 miselyum katkısının çekme dayanımı açısından optimum katkı oranı olduğunu göstermektedir. %2 katkıda çekme dayanımı 26,4 MPa olarak ölçülmüştür.

Bu bulgular, düşük oranlı miselyum katkısının PP matrisinde takviye edici bir rol oynadığını, malzemenin yapısal bütünlüğünü ve sünekliğini koruyarak dayanımını artırdığını göstermektedir. Ancak katkı oranının %1'in üzerine çıkması, partiküllerin homojen dağılmaması, ara yüzey bağlarının zayıflaması ve potansiyel yığılmalar nedeniyle mekanik performansın azalmasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak, miselyum katkısı PP kompozitlerde mekanik performansı artırmak için etkili bir takviye malzemesi olarak değerlendirilebilir ve bu çalışmada %1 oranının hem dayanım hem de süneklik açısından optimum katkı seviyesi olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, miselyum katkılı kompozitlerin mühendislik uygulamaları için tasarım kriterlerini belirlemede temel bir referans niteliği taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 1919B012215964 proje numarası ile TÜBİTAK 2209-A Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Attias, N.; Danai, O.; Ezov, N.; Tarazi, E.; Grobman, YJ Tasarım ve mimari için miselyum bazlı biyokompozit malzemelerin yeni uygulamalarının geliştirilmesi. Biyobazlı Malzemelerle İnşa Etme: En İyi Uygulama ve Performans Spesifikasyonu ; Zagreb Üniversitesi, Ormancılık Fakültesi: Zagreb, Hırvatistan, 2017.

Essabir, H., Bensalah M.O., Rodrigue D., Bouhfid, R. Qaiss, A. (2016). Structural, mechanical and thermal properties of bio-based hybrid composites from waste coir residues: Fibers and Shell particles. Mechanics of Materials, 93, 134-144.

Haneef, M.; Ceseracciu, L.; Canale, C.; Bayer, IS; Heredia-Guerrero, JA; Athanassiou, A. Mantar Miselyumundan Gelişmiş Malzemeler: Fiziksel Özelliklerin Üretimi ve Ayarlanması. Sci. Rep. 2017 , 7 , 41292.

Heisel, F.; Schlesier, K.; Lee, J.; Rippmann, M.; Saeidi, N.; Javadian, A.; Nugroho, AR; Hebel, D.; Block, P. Bilgilendirilmiş yapı mühendisliği ile yük taşıyan bir miselyum yapısının tasarımı: 2017 Seul Mimarlık ve Şehircilik Bienali'nde MycoTree. Sürdürülebilir Teknolojiler Dünya Kongresi Bildirileri (WCST-2017), Cambridge, İngiltere, 11-14 Aralık 2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Mycelium

https://tr.wikipedia.org/wiki/Polipropilen

Islam, MR; Tudryn, G.; Bucinell, R.; Schadler, L.; Picu, RC Mantar miselyumunun morfolojisi ve mekaniği. Sci. Rep. 2017 , 7 , 13070.

Jones, M.; Mautner, A.; Luenco, S.; Bismarck, A.; John, S. Mantar biyorafinerilerinden elde edilen tasarlanmış miselyum kompozit yapı malzemeleri: Eleştirel bir inceleme. Mater. Des. 2020 , 187 , 108397.

Sivaprasad, S., Sidharth, K., Byju, C., Prajith, Shaju J, Rejeesh, C.R. (2021). Development of a novel mycelium bio-composite material to substitute for polystyrene in packaging applications. Materials Today: Proceedings, 47 (15), 5038-5044.

The Growing Pavilion. 2019. Çevrimiçi olarak şu adresten erişilebilir: https://thegrowingpavilion.com/biobased-materials/

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MİSELYUM MANTARI/CACO3/PP KATKILI YENİ BİR TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ

Onur FAKI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0009-4727-4010

Prof. Dr. Özgür DEMİRCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8235-3966

ÖZET
Gelişen dünyamız ve ülkemizdeki biyokompozit malzeme ihtiyacına talep her geçen gün artıyor. Bu artışla birlikte biyokompozit malzeme imalatı da hızla yükseliyor. Bu araştırmada çevresel etkileri azaltmak ve mekanik performansı artırmak amacıyla, polipropilen (PP) esaslı plastik malzemelere yenilenebilir bir biyomalzeme olan mantar miselyumu ve kalsiyum karbonat (CaCO3) katkısı ile geliştirilen kompozitlerin üretimi ve özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, proje süresince üretilen ve yetiştirilen miselyum mantarı olgunlaştırılıp kurutulup halkalı öğütücüde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Samsun sahilinden toplanan deniz kabuklarından elde edilen CaCO3 yıkanıp temizlendikten sonra halkalı öğütücüde toz haline getirilmiştir.
Toz haline getirilen miselyum mantarı ve CaCO3 ile PP polimerlerinin yüzeyi kaplanmış ve yüzeyi kaplanmış PP polimerleri ile sıcak pres makinasında ağırlıkça %0, 4, 7 ve 10 oranlarında miselyum ve %3 oranında CaCO3 içeren termoplastik kompozit malzemeler üretilmiştir. Tüm kompozitlerde %3 CaCO3 oranı sabit tutulmuştur. %7 miselyum ve % 3 CaCO3 oranı 50,8 MPa eğme mukavemeti ve 1,6 GPa eğme modulusu değeri ile diğer karışım oranlarına göre daha yüksek mekanik özellikler göstermiştir.
Anahtar Kelimeler: Miselyum, Polipropilen, Kalsiyum karbonat (CaCO3), Yenilenebilir kompozit, Sıcak pres, Eğme özelliği.

DEVELOPMENT OF MUSHROOM MYCELIUM/CACO3/PP INCLUDE THEMROPLASTIC COMPOSITE MATERIALS

ABSTRACT
The demand for biocomposite materials in our developing world and our country is increasing day by day. With this increase, the production of biocomposite materials is also increasing rapidly. In this research, the production and properties of composites developed with the addition of mushroom mycelium and calcium carbonate (CaCO3), a renewable biomaterial, to polypropylene (PP) based plastic materials were examined in order to reduce environmental impacts and increase mechanical performance. For this purpose, the mycelium mushroom produced and grown during the project was matured, dried, and ground into powder in a ring mill. After the CaCO3 obtained from the seashells collected from the Samsun coast was washed and cleaned, it was ground into powder in a ring mill.
The surface of PP polymers was coated with powdered mycelium fungus and CaCO3 and thermoplastic composite materials containing 0, 4, 7 and 10% mycelium and 3% CaCO3 by weight were produced with the surface coated PP polymers in a hot press machine.

The 3% CaCO3 ratio was kept constant in all composites. The 7% mycelium and 3% CaCO3 ratio showed higher mechanical properties than the other mixture ratios with 50.8 MPa bending strength and 1.6 GPa bending modulus value.
Keywords: Mycelium, Polypropylene, Calcium carbonat (CaCO3), Renewable composite, Hot press, Bending properties.

GİRİŞ

Plastikler, günümüzde dünya çapındaki karbon emisyonlarının yaklaşık %15'ini oluşturarak en büyük karbon ayak izlerinden birine sahiptir. Bu durum, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltacak ve çevresel etkileri en aza indirecek sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Essabir ve ark., 2016). Doğal olarak biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerden elde edilen malzemeler, bu bağlamda enerji açısından verimli ve çevre dostu çözümler sunmaktadır. Özellikle mikroorganizmaların biyomalzeme üretiminde kullanımı, inşaat ve ambalaj sektörlerinde çevresel sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik gelecek vaat eden teknolojilerden biri olarak görülmektedir.

Bu noktada, mantar miselyumu önemli bir biyomalzeme kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Miselyum; hızlı büyüyen, inert, yenilenebilir ve güvenli bir mantarın bitkisel kısmıdır. Dallanmış liflerden oluşan bir kütle şeklinde gelişen miselyum, büyüdüğü ortama tutunarak hif adı verilen küçük lifler aracılığıyla alt tabakayı kaplar, onu sindirir ve güçlü doğal bağlarla birleştirir (Sivaprasad ve ark., 2021). Tarımsal atıklar veya besleyici diğer organik malzemeler üzerinde kısa sürede gelişebilen bu yapı, düşük maliyetli ve çevreye zarar vermeden üretilebilen bir biyokompozit altyapısı sunar.

Miselyum, uzun süredir tıbbi endüstrilerde ve moleküler bileşiklerde kullanılmakla birlikte (Rathore ve ark., 2019), son yıllarda malzeme bilimi alanında da dikkat çekici bir potansiyel sergilemektedir. Miselyum bazlı malzemeler (MBm), tamamen biyolojik, geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir olmaları sayesinde ambalaj ve inşaat endüstrilerinde tasarımcılar ve mimarlar tarafından sürdürülebilir bir alternatif olarak tercih edilmektedir (Lelivelt ve ark., 2015; Lelivelt ve ark., 2015). Özellikle miselyum bazlı köpükler, geleneksel polistiren (EPS) ve poliüretan (PU) köpüklere karşı umut verici bir rekabet avantajı taşımaktadır. Nitekim bu malzemeler, ticari strafor, polietilen (PE) ve düşük mukavemetli yonga levhalarla benzer mekanik özellikler sergileyebilmekte, ancak çok daha düşük maliyetle üretilebilmektedir (Girometta ve ark., 2019; Eugene ve ark., 2020).

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

Polipropilen (PP)

Propilen monomerinin polimerizasyonu ile elde edilen, yarı kristalin yapıya sahip termoplastik bir polimerdir. Düşük yoğunluğu, yüksek mekanik dayanımı, kimyasal dirençliliği ve iyi elektriksel yalıtkanlık özellikleri nedeniyle en yaygın kullanılan plastikler arasında yer almaktadır. Yaklaşık 160–165 °C erime sıcaklığına sahip olan PP, paketleme, otomotiv, tekstil, medikal ve yapı malzemeleri gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Hafifliği, işlenebilirliği ve geri dönüştürülebilirliği sayesinde hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli bir mühendislik malzemesidir.

Miselyum

Mantarların ve bazı diğer fungusların vejetatif yapısını oluşturan, dallanmış, ince ve ipliksi hif ağlarıdır. Doğada organik maddelerin ayrışmasında kritik rol oynayan miselyum, lignin ve selüloz gibi zor bozunan biyopolimerleri parçalayabilme yeteneği sayesinde ekosistemde önemli bir geri dönüşüm mekanizması sağlar. Yüksek gözeneklilik, hafiflik ve biyolojik olarak parçalanabilirlik özellikleri nedeniyle son yıllarda ambalaj, yapı malzemeleri ve kompozit üretimi gibi sürdürülebilir malzeme geliştirme çalışmalarında yoğun ilgi görmektedir. Bu yönüyle miselyum, hem ekolojik işlevleri hem de yenilikçi malzeme uygulamaları açısından dikkat çeken biyolojik bir yapıdır (Haneef ve ark., 2017).

Şekil 1. Mantar Miselyumu

Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$)

Doğada yaygın olarak bulunan, kalsiyum, karbon ve oksijen elementlerinden oluşan inorganik bir bileşiktir. Başlıca kireç taşı, mermer ve tebeşir gibi kayaçların ana bileşeni olan $CaCO_3$, biyojenik süreçlerle deniz kabukları, mercanlar ve bazı mikroorganizmalar tarafından da üretilmektedir. Yüksek kimyasal kararlılığı, ucuzluğu ve bol bulunurluğu sayesinde plastik, kauçuk, boya, kağıt ve inşaat malzemelerinde dolgu maddesi olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca gıda endüstrisinde katkı maddesi, tarımda toprak düzenleyici ve ilaç sektöründe antiasit olarak değerlendirilmektedir. Kalsiyum karbonat, hem doğal kaynaklardan elde edilebilmesi hem de endüstriyel işlemlerdeki işlevselliği nedeniyle önemli bir mühendislik malzemesidir (Oates, 1998).

Şekil 2. Kalsiyum Karbonat

Bu çalışmada, polipropilene çevreci ve geri dönüştürülebilir özellikler kazandıran yenilikçi bir kompozit geliştirilmesi amaçlanmıştır. Kompozit malzeme, miselyum mantarı ve kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) katkıları ile güçlendirilmiş polipropilen (PP) polimer matrisinden üretilmiştir.

Misel Üretimi

Proje sürecinin ilk aşamasında miselyum mantarı laboratuvar ortamında üretilmiştir. Miselyum, uygun sıcaklık, nem ve ışık koşullarında, lignoselülozik tabanlı tarımsal atıklar üzerinde yaklaşık 30 günlük bir büyüme periyodu sonunda geliştirilmiştir. Bu süreçte ortamın karanlık ve nemli olmasına özen gösterilmiştir. Gelişimini tamamlayan miselyum kurutulmuş ve öğütülerek toz haline getirilmiştir.

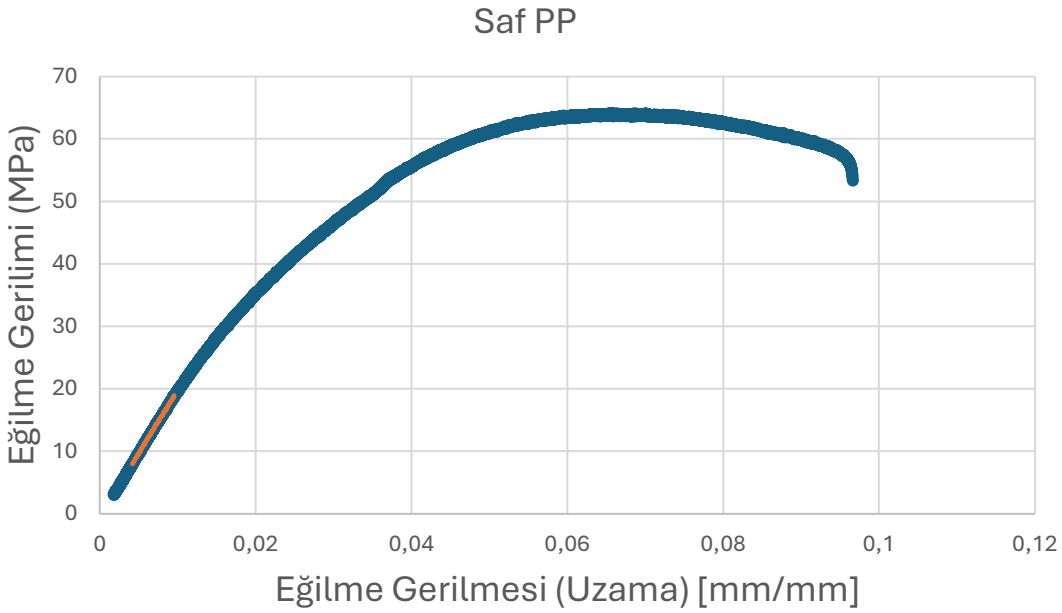
Solüsyon Hazırlanması ve Kaplama

Kompozit üretiminde ayrıca katkı maddesi olarak kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) kullanılmıştır. Toz haline getirilmiş miselyum ve $CaCO_3$, farklı oranlarda PP polimer matrisini kaplamak amacıyla etanol içerisinde çözündürülerek solüsyon hazırlanmıştır. Solüsyonun homojen bir şekilde karışmasını sağlamak için manyetik karıştırıcı, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizatör cihazları kullanılmıştır.

Hazırlanan karışım, polimer yüzeyine sprey kaplama yöntemiyle uygulanmış ve etüv fırınında kurutularak etanol uzaklaştırılmıştır. Son aşamada kaplanmış polimer numuneleri sıcak pres kalıplama yöntemi ile kompozit plaka formuna getirilmiştir. Plakalar uygun çekme testi standartlarında kesilerek mekanik test uygulanmıştır.

BULGULAR

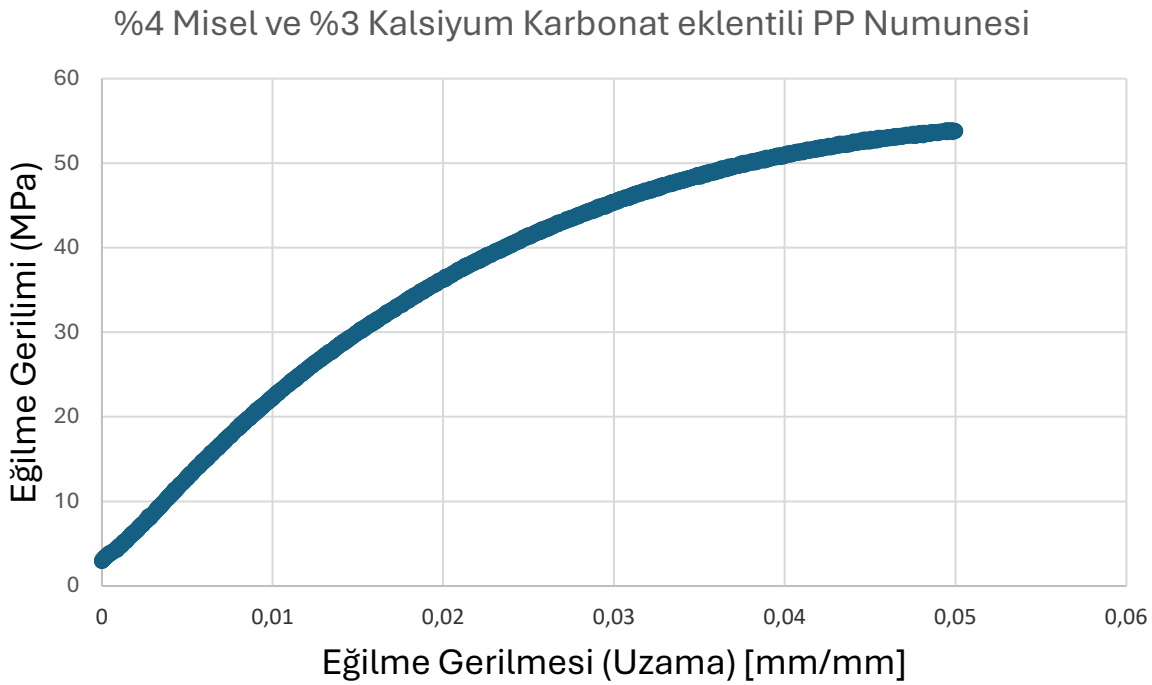
Eğme Testi Sonuçları



Şekil 3. Saf PP'nin Eğilme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

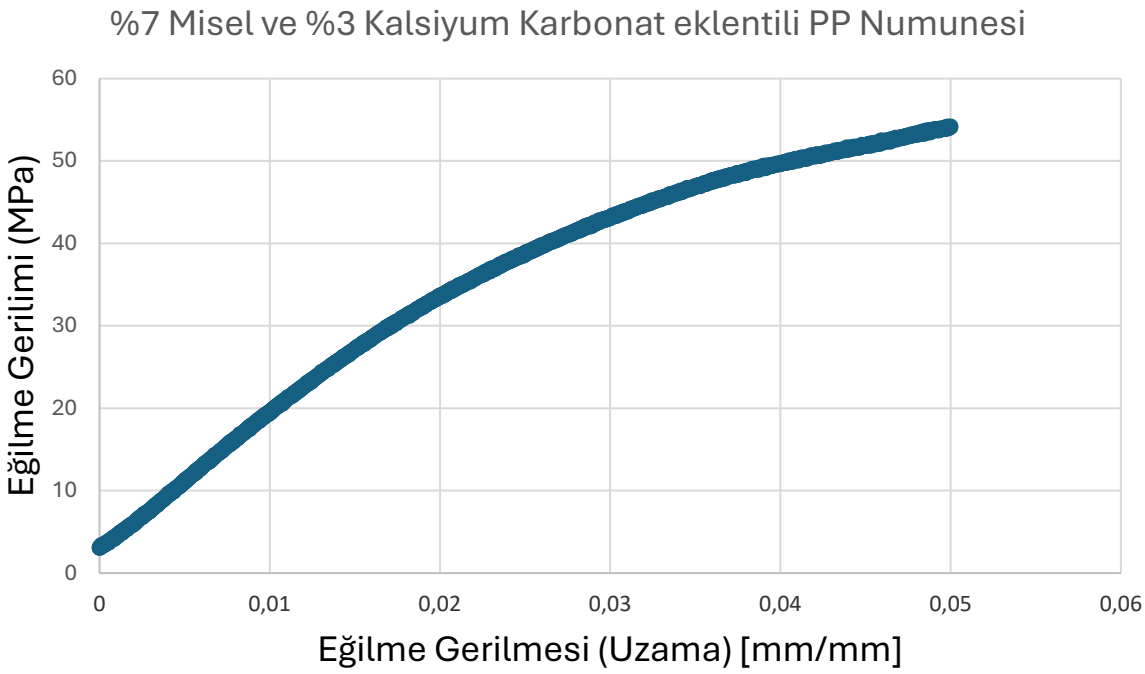
Saf polipropilen (PP) numunesine ait eğilme gerilmesi–uzama eğrisi, malzemenin tipik yarı-kristalin termoplastik davranışını ortaya koymaktadır. Başlangıçta doğrusal elastik bölge gözlenmiş, bu bölgede gerilme–uzama ilişkisi Hooke yasasına uygun seyretmiştir. Takip eden plastik deformasyon aşamasında gerilme artışı devam etmiş ve yaklaşık 63–65 MPa seviyelerinde eğilme dayanımına ulaşılmıştır.

Daha sonra ise malzeme gevşeme eğilimi göstermiş ve eğilme gerilmesinde hafif bir azalma ile numunenin kopma noktasına yaklaştığı görülmüştür. Bu davranış, saf PP'nin yüksek elastikiyet ve sünekliğe sahip olduğunu, fakat aşırı yüklenmelerde dayanımının belirli bir sınırdan sonra düşüşe geçtiğini göstermektedir.



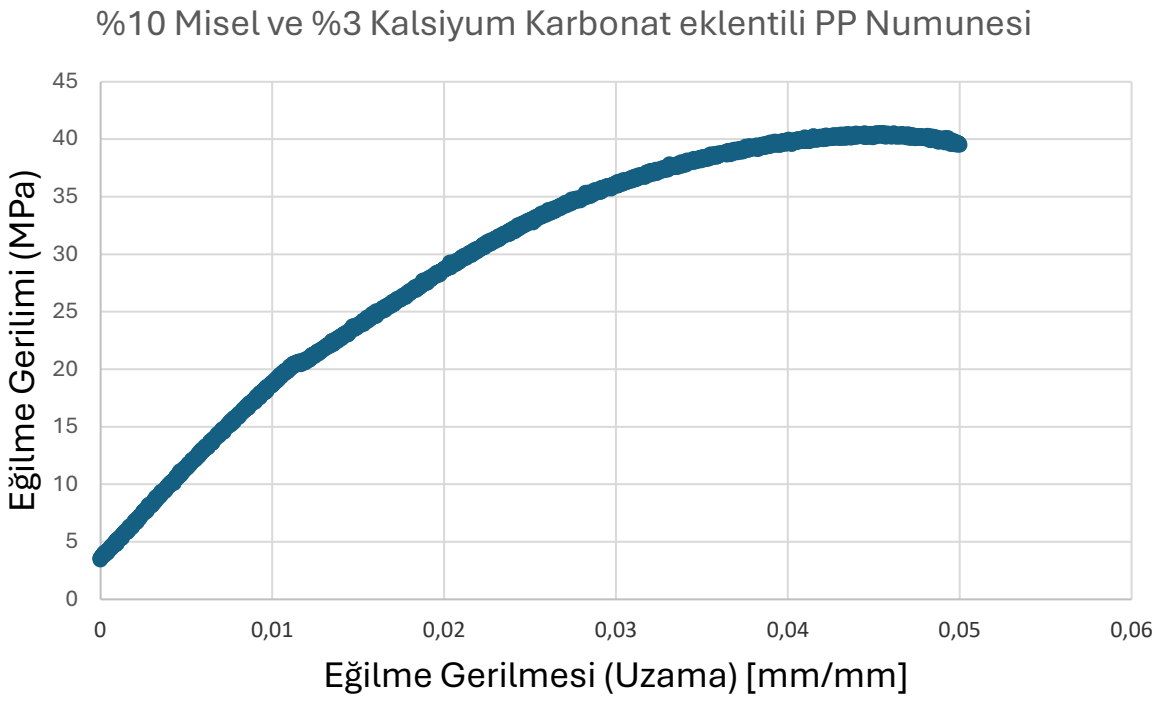
Şekil 4. %4 Misel ve %3 Kalsiyum Karbonat Katkılı PP Kompozit Numunesinin Eğilme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

%4 misel ve %3 kalsiyum karbonat katkılı PP kompozit numunesi, saf PP'ye kıyasla farklı bir mekanik davranış sergilemiştir. Elde edilen eğri, elastik bölgenin ardından daha sınırlı bir plastik deformasyon göstermiştir. Numunenin maksimum eğilme dayanımı yaklaşık 53–54 MPa seviyelerinde gerçekleşmiş olup, bu değer saf PP'ye kıyasla daha düşüktür. Ayrıca kopma noktasına kadar uzama miktarı da saf PP'ye göre daha sınırlı kalmıştır (yaklaşık %5). Bu sonuç, katkıların matriste sertlik artışı sağlarken malzemenin sünekliğini ve deformasyon kabiliyetini azalttığını göstermektedir. Özellikle misel katkısının lif benzeri yapısı ve kalsiyum karbonatın dolgu etkisi, malzeme içerisindeki gerilme aktarım mekanizmasını değiştirerek gevrekleşmeye yol açmıştır.



Şekil 5. %7 Misel ve %3 Kalsiyum Karbonat Katkılı PP Kompozit Numunesinin Eğilme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

%7 misel ve %3 kalsiyum karbonat katkılı PP kompoziti, %4 katkılı numuneye benzer bir gerilme–uzama davranışı sergilemekle birlikte, maksimum dayanım değeri yine yaklaşık 54–55 MPa seviyelerinde kalmıştır. Ancak eğri incelendiğinde, malzemenin deformasyon kabiliyetinde sınırlı bir artış gözlenmiştir. Kopma noktasına kadar olan uzama miktarı %4 katkılı numuneye kıyasla hafifçe yükselmiş olup, bu durum misel oranındaki artışın polipropilen matris ile daha iyi etkileşim sağlayarak çatlak ilerlemesini bir miktar geciktirdiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, saf PP'ye kıyasla hem eğilme dayanımında hem de süneklik seviyesinde belirgin bir azalma devam etmektedir. Bu durum, katkıların malzeme sertliğini artırmakla birlikte esneklik ve enerji yutma kapasitesini sınırladığını göstermektedir.



Şekil 6. %10 Misel ve %3 Kalsiyum Karbonat Katkılı PP Kompozit Numunesinin Eğilme Testi Sonucu Oluşan Gerilme-gerinim Grafiği

%10 misel ve %3 kalsiyum karbonat katkılı polipropilen (PP) numunesine ait eğilme gerilmesi–uzama grafiği, malzemenin hem mukavemet hem de süneklik açısından dikkat çekici özellikler sergilediğini göstermektedir. Grafik incelendiğinde, düşük deformasyon seviyelerinde doğrusal bir artış eğilimi gözlenmekte ve bu durum malzemenin elastik davranışını ortaya koymaktadır. Yaklaşık 0,045 mm/mm uzamaya kadar süren bu süreçte eğilme gerilimi düzenli şekilde artarak maksimum 40–41 MPa değerine ulaşmıştır. Bu noktadan sonra gerilmenin düşüş eğilimine girmesi, malzemenin plastik kapasitesini doldurduğunu ve yapısal zayıflamaya geçtiğini göstermektedir. Elde edilen değerler, kalsiyum karbonatın dolgu malzemesi olarak rijitliği artırıcı etkisi ile miselin malzemeye süneklik kazandırıcı etkisinin bir araya gelmesi sonucunda PP matrisinin mekanik performansının belirgin ölçüde iyileştiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, katkılı PP numunesi, katkısız PP'ye kıyasla daha yüksek eğilme dayanımı ve dengeli bir deformasyon davranışı sergileyerek hem dayanıklılık hem de işlevsellik açısından avantaj sağlamaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Saf polipropilen (PP) numunesine ait eğilme gerilmesi–uzama eğrisi, malzemenin tipik yarı-kristalin termoplastik karakterini ortaya koymuş ve yüksek süneklik ile elastikiyet sergilemiştir. Başlangıçta doğrusal elastik bölge gözlenmiş, bu bölgede Hooke yasasına uygun davranış hâkim olmuştur. Plastik deformasyonun devreye girmesiyle birlikte gerilme artışı devam etmiş ve malzeme yaklaşık 63–65 MPa seviyelerinde maksimum eğilme dayanımına ulaşmıştır. Ancak aşırı yüklenmelerde gevşeme eğilimi gözlenmiş, eğilme gerilmesi hafif bir azalma eğilimine girmiştir. Bu davranış, saf PP'nin yüksek mukavemet ve deformasyon kabiliyetine sahip olduğunu, ancak dayanımının belirli bir sınırdan sonra azaldığını göstermektedir.

Katkı içeren PP kompozitlerinde ise farklı mekanik eğilimler ortaya çıkmıştır. %4 misel ve %3 kalsiyum karbonat katkılı numune, saf PP'ye kıyasla daha düşük bir eğilme dayanımı (yaklaşık 53–54 MPa) sergilemiş ve kopma noktasına kadar olan uzama miktarı belirgin şekilde sınırlı kalmıştır. Bu durum, katkıların sertlik artışı sağlarken malzemenin sünekliğini azalttığını ortaya koymaktadır. Özellikle miselin lif benzeri yapısının ve kalsiyum karbonatın dolgu etkisinin, matris içerisindeki gerilme aktarım mekanizmasını değiştirerek gevrekleşmeye yol açtığı düşünülmektedir. %7 misel ve %3 kalsiyum karbonat katkılı numune ise benzer maksimum dayanım değerleri sergilemekle birlikte, deformasyon kapasitesinde hafif bir artış göstermiştir. Bu sonuç, misel oranındaki artışın polipropilen matrisiyle daha etkin bir etkileşim sağlayarak çatlak ilerlemesini sınırlı ölçüde geciktirdiğini işaret etmektedir.

Son olarak, %10 misel ve %3 kalsiyum karbonat katkılı PP kompozitinin eğilme gerilmesi–uzama eğrisi incelendiğinde, yaklaşık 40–41 MPa seviyelerinde maksimum dayanım elde edildiği ve kopma öncesinde belirli bir süneklik gösterdiği görülmüştür. Saf PP'ye kıyasla daha düşük bir eğilme dayanımı sergilemesine rağmen, katkıların sağladığı rijitlik artışı ve sınırlı deformasyon kabiliyeti kompozite dengeli bir mekanik özellik kazandırmıştır. Bu sonuç, katkı oranının artışıyla birlikte mukavemetin azaldığını ancak süneklik seviyesinin görece korunduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, misel ve kalsiyum karbonat katkılarının PP matrisinde sertliği artırdığı, ancak süneklik ve enerji yutma kapasitesini azalttığı görülmektedir. Saf PP en yüksek eğilme dayanımı ve sünekliği sergilerken, katkı oranının artışıyla birlikte mukavemet değerlerinde düşüşler gözlenmiştir. Bununla birlikte, belirli katkı oranlarında (örneğin %7 misel + %3 $CaCO_3$) deformasyon kapasitesinde sınırlı bir iyileşme ortaya çıkmıştır. Bu bulgular, katkı türü ve oranının mekanik performans üzerinde kritik bir rol oynadığını ve optimum kombinasyonların seçilmesinin hem rijitlik hem de süneklik açısından dengeli kompozit tasarımları geliştirmek için gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma BAP08-2024-5269 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Eugene Soh, Zhi Yong Chew, Nazanin Saeidi, Alireza Javadian, Dirk Hebel, Hortense Le Ferrand, Development of an extrudable paste to build mycelium-bound composites, Materials & Design, Volume 195, 2020, 109058.

Girometta, C.; Picco, A.M.; Baiguera, R.M.; Dondi, D.; Babbini, S.; Cartabia, M.; Pellegrini, M.; Savino, E. Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review. *Sustainability* 2019, *11*, 281.

H. Essabir, M.O. Bensalah, D. Rodrigue, R. Bouhfid, A. Qaiss,Structural, mechanical and thermal properties of bio-based hybrid composites from waste coir residues: Fibers and Shell particles, Mechanics of Materials, Volume 93, 2016, Pages 134-144.

Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C. ve diğerleri. (2017). Mantar Miselyumundan gelişmiş malzemeler: Fiziksel Özelliklerin Üretimi ve Ayarlanması. Sci Rep 7, 41292. https://doi.org/10.1038/srep41292.

Lelivelt R. , Lindner G. , Teuffel P. , ve Lamers H. , Miselyum bazlı malzemelerin üretim süreci ve basınç dayanımı , Birinci Uluslararası Biyo-Bazlı Yapı Malzemeleri Konferansı Bildirileri , Haziran 2015, Clermont-Ferrand, Fransa, 1 – 6 .

Lelivelt R. , Lindner G. , Teuffel P. , ve Lamers H. , USD SD, Miselyum Malzemelerinin Mekanik Olanakları , 2015 , Eindhoven Teknoloji Üniversitesi (TU/e), Eindhoven, Hollanda .

Oates, J. A. H. (1998). Lime and Limestone: Chemistry and Technology, Production and Uses. Wiley-VCH.

Rathore H. , Prasad S. , Kapri M. , Tiwari A. , ve Sharma S. , Mantar miselyumunun tıbbi önemi: mekanizmalar ve uygulamalar , Fonksiyonel Gıdalar Dergisi . (2019) 56 , 182 – 193 .

S. Sivaprasad, Sidharth K. Byju, C. Prajith, Jithin Shaju, C.R. Rejeesh, Development of a novel mycelium bio-composite material to substitute for polystyrene in packaging applications, Materials Today: Proceedings, Volume 47, Part 15, 2021, Pages 5038-5044.

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN BATARYASININ KAPLANMASI UYGULAMASI İÇİN YENİ BİR KOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ

Muhammed Furkan KÖPRÜBAŞI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0007-4515-9321

Prof. Dr. Özgür DEMİRCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8235-3966

ÖZET
Gelişen dünyamız ve ülkemizdeki elektrikli araç ihtiyacına talep her geçen gün artıyor. Bu artışla birlikte elektrikli araç imalatı da hızla yükseliyor. Elektrikli araçlar, hem çevresel faktörler hem de yenilikçi bir teknoloji olarak, dünya çapında ve ülkemizde önemli bir gelişme göstermektedir. Bu araçlar, fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı azaltma ve daha sürdürülebilir bir geleceğe adım atma potansiyeline sahiptir. Elektrikli araç üretiminin bazı dezavantajları da vardır. Bunlardan en önemlileri kısıtlı menzil, uzun şarj dolum süresi ve sınırlı batarya ömrüdür. Bu dezavantajlar, elektrikli araçların yaygınlaşmasını ve benimsenmesini engelleyen en önemli faktörlerden biridir.
Bu araştırmada elektrikli araçların bataryasının kaplamasının çekme mukavemeti özelliklerini iyileştirmek için yeni bir kompozit malzeme geliştirilmiştir. Alüminyum yada çelik malzemeli muadil batarya kaplamalarına göre daha hafif, daha az korozyona uğrayan, uzun ömürlü h-BN katkılı epoksi matriksli cam fiber takviyeli kompozit kaplama malzemelerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Hegzagonal Bor Nitrür (h-BN) tozu ve epoksi reçine karışımı solüsyonu mekanik karıştırıcı, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizatör kullanılarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, Hegzagonal Bor Nitrür (h-BN) nano malzemeler epoksi reçine ile karıştırılıp, el yatırma yöntemiyle cam kumaşlara emdirilerek kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen plakalardaki h-BN ağırlık oranı %1,5'dir. Üretilen kompozit numunelerin lif hacim oranlarını tespit etmek için ASTM D3171–99 standardına uygun olacak şekilde yakma testi uygulanmıştır. Çekme testleri, Ondokuz mayıs Üniversitesi (OMÜ) Merkez Laboratuvarı (KITAM) bünyesindeki INSTRON 5982 model (100 kN kapasiteli) cihazla, ASTM D3039 standardına uygun şekilde ve 1 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir. Saf, h-BN (hegzagonal bor nitrür) katkılı kompozitlerin mekanik performansları karşılaştırıldığında, h-BN katkısının özellikle 0° lif yöneliminde çekme mukavemetini %15 oranında artırarak güçlü bir takviye etkisi gösterdiği belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçlar, Cam elyaf, Epoksi reçine, Hegzagonal bor nitrür (h-BN), Termoset kompozit, Çekme özellikleri.

DEVELOPMENT OF A NEW COMPOSITE MATERIAL FOR ELECTRIC VEHICLE BATTERY COATING APPLICATION

ABSTRACT

The demand for electric vehicles in our developing world and our country is increasing day by day. With this increase, the production of electric vehicles is also increasing rapidly. Electric vehicles are experiencing significant development both globally and in our country, both as environmental factors and as innovative technologies. These vehicles have the potential to reduce our dependence on fossil fuels and pave the way for a more sustainable future. Electric vehicle production also has some drawbacks, the most significant of which are limited range, long charging times, and limited battery life. These disadvantages are among the most significant factors hindering the widespread adoption of electric vehicles.

In this research, a new composite material has been developed to improve the tensile strength properties of the coating of the battery of electric vehicles. The aim was to develop glass fiber-reinforced composite coating materials with h-BN-added epoxy matrix that are lighter, less corrosive, and longer-lasting than equivalent battery coatings made of aluminum or steel. A mixture solution of hexagonal boron nitride (h-BN) powder and epoxy resin was prepared using a mechanical mixer, ultrasonic bath, and ultrasonic homogenizer. For this purpose, hexagonal boron nitride (h-BN) nanomaterials were mixed with epoxy resin and impregnated onto glass fabrics using a hand-laying method to produce composite materials. The h-BN weight ratio in the produced plates was 1.5%. Burn-out tests were conducted to determine the fiber volume fractions of the composite samples in accordance with ASTM D3171–99. Tensile tests were carried out with the INSTRON 5982 model (100 kN capacity) device within the Ondokuz Mayıs University (OMU) Central Laboratory (KITAM), in accordance with the ASTM D3039 standard and at a speed of 1 mm/min. When the mechanical performances of pure and h-BN (hexagonal boron nitride) added composites were compared, it was determined that h-BN added had a strong reinforcement effect by increasing the tensile strength by 15%, especially at 0° fiber orientation.

Keywords: Electric vehicles, Glass fiber, Epoxy resin, Hexagonal boron nitride (h-BN), Composite material, Tensile properties.

GİRİŞ

Elektrikli araçların yaygınlaşması, çevresel etkilerin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması açısından stratejik öneme sahiptir. Bu araçların en kritik bileşeni olan bataryaların güvenliği, performansı ve dayanıklılığı, teknolojinin başarısını doğrudan etkilemektedir. Son yıllarda, cam elyaf takviyeli hegzagonal bor nitrür (h-BN) katkılı epoksi kompozitler; yüksek sıcaklık dayanımı, üstün elektriksel yalıtım ve mekanik dayanıklılık gibi avantajları sayesinde batarya güvenliği için dikkat çekici bir potansiyel ortaya koymaktadır. Özellikle termal dayanım özellikleri, bataryaların aşırı ısınmasını önleyerek olası güvenlik risklerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu proje kapsamında, bataryaların yüksek sıcaklıklara karşı korunmasını sağlayacak ve aşırı ısınmayı engelleyen yenilikçi bir kaplama malzemesi geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Literatürde h-BN katkılı kompozitlere rastlanmakla birlikte, bu proje özgün uygulama alanı ve malzeme tasarımı ile yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Üretilecek kompozitler üzerinde termal yaşlandırma işlemleri gerçekleştirilecek, ardından ASTM standartlarına uygun mekanik ve termal testler ile performansları değerlendirilecektir.

Kompozit malzemelerin metal kaplamalara kıyasla daha hafif olması, elektrikli araçların toplam ağırlığını azaltarak menzil avantajı sağlamaktadır. Ayrıca cam elyafın yüksek dayanıklılığı, bataryaların darbelere ve aşınmalara karşı korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu özellikler, geliştirilecek kompozitlerin elektrikli araçlarda hem güvenlik hem de performans açısından önemli bir iyileştirme sunacağını göstermektedir.

Son olarak, cam elyaf takviyeli kompozitlerin geri dönüştürülebilir olması, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen önemli bir unsurdur. Bu durum, elektrikli araç üreticileri için hem güvenlik hem de çevresel performans açısından rekabet avantajı yaratmaktadır. Daha güvenli, dayanıklı ve hafif batarya sistemlerinin geliştirilmesi, elektrikli araçların daha geniş kitleler tarafından benimsenmesini kolaylaştıracak ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Elektrikli araçlarda lityum iyon bataryaların güvenliği ve performansı için termal yönetim kritik önemdedir. Soğutma sistemleri üçe ayrılır: hava, sıvı ve ısı borulu. Hava soğutma ucuz ve basit, ancak verimi sınırlıdır. Sıvı soğutma etkili ısı transferi sağlar, fakat karmaşık ve maliyetlidir. Isı borulu sistemler hızlı ve etkili soğutma sunar, özellikle yüksek performanslı uygulamalarda kullanılır. Doğru yöntem seçimi, bataryaların güvenliğini ve ömrünü doğrudan etkiler (Akkuş, F., & Işık, M. Z. 2023).

Elektrikli araçlarda lityum iyon bataryaların güvenliği ve performansı için termal yönetim kritik önemdedir. Soğutma sistemleri üç grupta incelenir: hava, sıvı ve ısı borulu. Hava soğutma basit ve ucuzdur ancak verimi düşüktür. Sıvı soğutma yüksek ısı transferi sağlar fakat maliyetli ve karmaşıktır. Isı borulu sistemler ise hızlı ve etkili soğutma sunar, özellikle yüksek performanslı uygulamalarda kullanılır. Uygun yöntem seçimi, bataryaların ömrünü ve güvenliğini belirler (Akkuş, F., & Işık, M. Z. 2023).

Cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin mekanik özellikleri elyaf oranına bağlıdır. Elyaf oranı %30'dan %60'a çıktığında çekme dayanımı %73, eğilme dayanımı %92 artış göstermiştir. Darbe dayanımı %60 elyaf oranında en yüksek seviyeye ulaşırken, daha yüksek oranlarda azalma olabilmektedir. Bu nedenle uygun elyaf oranı seçimi, batarya kaplamalarında malzeme performansını artırmada kritik rol oynamaktadır (Çakır, M., & Berberoğlu, B. ,2019).

Cam elyaf takviyeli polimerlerin mekanik davranışları sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık arttıkça çekme mukavemeti, elastik modül ve darbe dayanımı azalmış; malzeme daha kırılgan hale gelmiştir [3].

Halloysit nanotüp (HNT) takviyeli COPE kompozitlerde HNT içeriği arttıkça elastik modül %55 artarak 29,2 MPa'ya ulaşmıştır. Ancak çekme mukavemeti artan HNT miktarıyla azalmış, muhtemelen polimer zincir hareketlerinin kısıtlanmasından kaynaklanmıştır (Dursun, İ. 2018).

H-BN takviyeli epoksi kompozitlerde filler içeriği 0'dan %15'e çıktığında termal iletkenlik 0,218 W/m·K'den 0,825 W/m·K'ye çıkarak %377,9 artış göstermiştir. Grafit katkısında ise %2 içerik ile termal iletkenlik 0,692 W/m·K'den 0,703 W/m·K'ye çıkarak %7,8'lik bir artış sağlamıştır (Liu, M., Zhang, H., Wu, Y., Wang, D., & Pan, L. 2024).

Bazalt lifleri takviyeli kompozitlerde termal iletkenlik nanoparçacık morfolojisine bağlıdır. SiO_2 nanoparçacık çekme dayanımını %44, HNT nanoparçacık eğilme dayanımını %30 ve darbe direncini %8 artırmıştır. Higrotermal yaşlanma termal dayanımı %15 azaltırken, uygun nanoparçacık morfolojisi ile bu kayıp %10 telafi edilebilmektedir (Sukur, E. F., Elimsa, S., Eskizeybek, V., & Avci, A. 2024).

Cam elyaf takviyeli polimerlerin mekanik davranışı sıcaklığa bağlıdır. Oda sıcaklığında çekme mukavemeti 120 MPa iken, 80°C'de 90 MPa'ya düşmektedir. Eğilme mukavemeti de 150 MPa'dan 110 MPa'ya azalmaktadır (Dursun, İ. 2018).

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

Cam Elyaf

Cam elyaf, silika kumu, kireçtaşı, boraks ve soda külü gibi minerallerin yüksek sıcaklıkta eritilmesiyle üretilen, ince liflerden oluşan bir malzemedir. Yüksek mekanik dayanımı, ısıya ve kimyasallara karşı direnci ile öne çıkmaktadır. -168 °C ile +1200 °C arasında kullanılabilmesi, onu izolasyon ve yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda ideal hale getirmektedir (eboyam,2022).

Tarihsel olarak Fenikeliler ve Mısırlılar tarafından kullanılan cam elyaf, modern anlamda 1930'larda endüstriyel üretime geçmiştir. Günümüzde inşaat, otomotiv, havacılık, savunma ve gemi yapımı gibi birçok sektörde tercih edilmektedir. Özellikle beton takviyesi, çatı kaplamaları, banyo ve mutfak ürünleri, balistik kalkanlar ve kimyasal tanklarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Hafifliği, dayanıklılığı ve çevre dostu yapısı sayesinde alternatiflerine göre önemli avantajlar sunmaktadır (eboyam,2022).

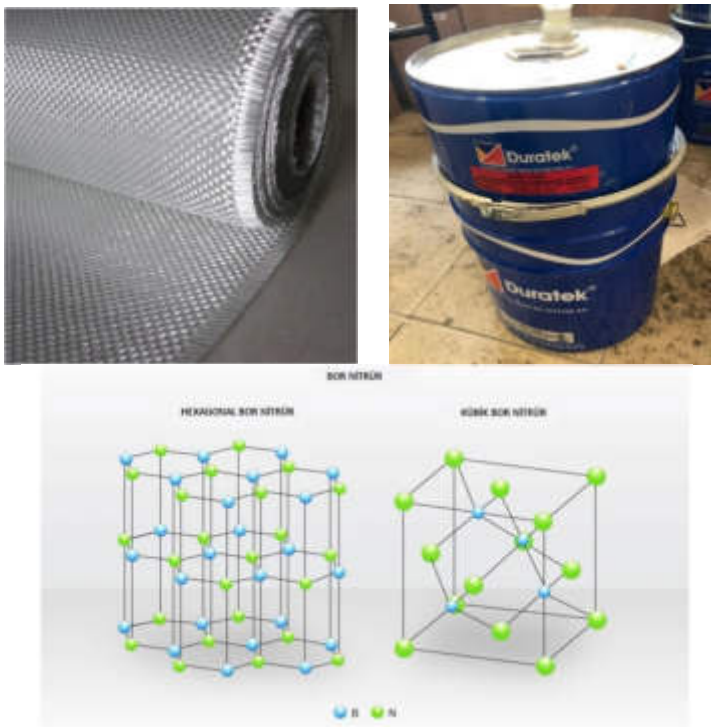
Epoksi Reçine

Kompozit üretiminde matris malzemesi olarak Duratek firmasının DTE 1200 epoksisi ve DTS 1151 sertleştiricisi kullanılmıştır. Karışım, 79 g epoksiye 21 g sertleştirici eklenerek hazırlanmış olup, düşük viskoziteye (350 ±50 MPa) ve 1,10–1,15 g/cm³ yoğunluğa sahiptir. 23 °C'de 100 ml için kap ömrü yaklaşık 170–185 dakikadır.

Hegzagonal Bor Nitrür (h-BN)

Bor nitrür, bor ve azot atomlarından oluşan seramik benzeri bir bileşiktir. En bilinen kristal formları kübik (c-BN) ve hegzagonal (h-BN)'dir. h-BN; yüksek termal iletkenliği, elektriksel yalıtkanlığı ve kimyasal kararlılığı sayesinde özellikle elektronik ve enerji uygulamalarında öne çıkmaktadır (Ge, M., Zhang, J., Zhao, C., & Du, G. 2019).

Başlıca özellikleri; yüksek sıcaklıklarda oksidasyona karşı dayanıklılık, elektriksel izolasyon, UV ve derin UV bölgelerinde yüksek optik geçirgenliktir. Uygulama alanları arasında aşındırıcı malzemeler (c-BN), elektroniklerde termal yalıtım, yüksek sıcaklık sistemlerinde katı yağlayıcılar ve optik cihazlar bulunmaktadır. Bu çok yönlü özellikleri nedeniyle h-BN, modern endüstride geniş kullanım potansiyeline sahiptir (metalurji malzeme.net).



Şekil 1. a) Cam elyaf, b) Duratek 1200 Epoksi ve DTS1151 Sertleştirici, c) Bor nitrürün kimyasal gösterimi (metalurji malzeme.net)

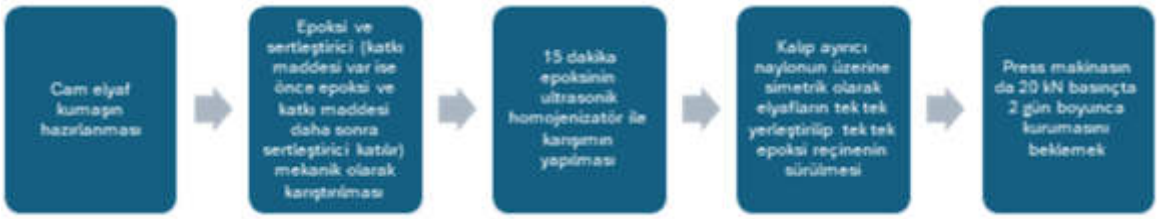
YÖNTEM

h-BN partiküllerinin epoksi reçine içerisinde homojen şekilde dağılabilmesi amacıyla Biobase marka ultrasonik homojenizatör kullanılmıştır. Bu yöntemle partiküllerin reçine içerisinde düzgün dağılımı sağlanmış ve kompozitlerin performansı artırılmıştır. Üretilen kompozit plakaların test numuneleri, sulu kompozit kesme makinesi ile hazırlanmıştır. Bu cihaz, kesim sırasında soğutma sağlayarak düzgün yüzey elde edilmesine ve malzemenin zarar görmeden kesilmesine imkân tanımaktadır. Numunelerin ve karışımların tartımında kullanılan hassas terazi, yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik sağlamıştır. Bu cihaz, laboratuvar çalışmalarında güvenilir veri elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Epoksi karışımındaki hava kabarcıklarını gidermek için mekanik karıştırma sonrası karışım, 5 dakika süreyle vakum fırınına yerleştirilmiştir. Böylece reçine, kompozit yapıya homojen ve boşluksuz şekilde entegre edilmiştir.

Elle Yatırma Yöntemi ile Kompozit Üretimi

Kompozit üretiminde 30×30 cm boyutlarında kesilmiş altı kat cam elyaf kumaş kullanılmıştır. Epoksi (Duratek DTE 1200) ve sertleştirici (DTS 1151), tedarikçi firmanın önerdiği 79:21 oranında hazırlanmış ve fırça ile kumaş katmanlarına uygulanmıştır. İlk katman ıslatıldıktan sonra, metal rulo yardımıyla hava boşlukları giderilmiş, aynı işlem tüm katmanlara sırasıyla uygulanmıştır.

Laminasyonun tamamlanmasının ardından yüzeye sıyırıcı kumaş yerleştirilmiş, yapı sızdırmazlık bandı ile kapatılarak vakum torbasına alınmıştır. Torba içerisindeki hava boşlukları giderildikten sonra numuneler, iki düz metal plaka arasına yerleştirilmiş ve 20 kN basınç altında, oda sıcaklığında iki gün boyunca kürlenmeye bırakılmıştır.



Şekil 2. Elle Yatırma Yönteminin Şematik Anlatımı

Kompozit Numunelere Uygulanan Testler

Kompozit yapıların yapısal özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli test cihazlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Kompozit plakalardan, uygulanacak testlerin gerektirdiği standartlara uygun boyut ve şekillerde numuneler hazırlanmış ve bu numunelere ilgili test prosedürleri doğrultusunda mekanik testler uygulanmıştır.

Tablo 1. Cam Elyaf Takviyeli Nanokompozitlerin Test Detayları

Test	Test yönü	Numune ölçüleri	Numune Türü	Numune tekrarı	Kat	Test standartları
Çekme testi	0°	20mm(w)x200mm(l)	Saf HBN Halloysite	3	6	ASTM D-3039

Her bir test için gerekli numuneler, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kompozit Üretim Laboratuvarı'nda bulunan sulu kompozit kesme makinesinde kesilmiştir. Numune kesim işlemleri, test standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir

Şekil 3. Kompozit Plakaların Ölçülendirilip Çizilmesi

Şekil 4. Kompozit Plakanın Kesilmiş Hali

BULGULAR

Çekme Testi Sonuçları

Saf epoksi cam elyaf takviyeli kompozitler ve HBN katkılı numuneler üzerinde gerçekleştirilen çekme testleri, elyaf yöneliminin ve katkı maddesinin mekanik özelliklere etkisini açıkça ortaya koymuştur. Saf 0° yönelimli numunelerden biri 458,5 MPa'a ulaşırken, diğer numune 362 MPa seviyesinde kalmıştır. Ortalama değer 410,2 MPa olup, %6'ya varan gerinim gözlenmiştir. Bu numunelerde kırılma ani gerçekleşmiş ve gevrek davranış öne çıkmıştır.

HBN katkılı numuneler ise saf sistemlere kıyasla daha yüksek ve dengeli sonuçlar sunmuştur. 0° yönelimli HBN kompozitlerinde maksimum 518 MPa mukavemet elde edilirken, ortalama değer 473,3 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu durum, HBN'nin ara yüzey bağını güçlendirerek yük aktarımını iyileştirdiğini göstermektedir. Ayrıca bu numunelerde %6–7 seviyesinde gerinim gözlenmiş, hem dayanım hem de süneklik açısından olumlu etkiler ortaya çıkmıştır.

Genel olarak, HBN katkılı kompozitlerin 0° yönelimli saf kompozitlere kıyasla daha yüksek mukavemet sergilediği belirlenmiştir. Liflerin yük doğrultusuna hizalanması mukavemeti artırırken, HBN katkısı matris–elyaf ara yüzey etkileşimini güçlendirerek performansı optimize etmiştir. Bu sonuçlar, ileri seviye yapısal kompozit tasarımlarında HBN katkısının özellikle 0° yönelimli uygulamalarda önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Kompozit Numunelerin Çekme Testi Sonuçlarının Ortalama Modulüs ve Mukavemet Sonuçları

Numune Adı	Ortalama Modulüs (GPa)	Ortalama Mukavemet (MPa)	Standart sapma modulus (GPa)	Standart sapma mukavemet (MPa)
saf 0 1 2	15,1	410,2	0,12	68,3
hbn 0 1 2	14,8	473,3	0,89	63,2

Tablodan elde edilen sonuçlara göre, saf kompozit numune 15,1 GPa ortalama elastik modülüs ve 410,2 MPa ortalama çekme mukavemeti sergilemiştir. HBN katkılı numunede ise elastik modülüsün 14,8 GPa seviyesine düştüğü, buna karşın çekme mukavemetinin 473,3 MPa'a yükseldiği görülmektedir. Bu durum, HBN katkısının matriksin rijitliğini sınırlı ölçüde azalttığını ancak ara yüzey bağlanmasını güçlendirerek yük aktarımını iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Saf kompozitte modülüs için 0,12 GPa ve mukavemet için 68,3 MPa olarak belirlenen standart sapma değerleri, ölçümlerdeki homojenliği işaret ederken; HBN katkılı numunede modülüs için 0,897 GPa ve mukavemet için 63,2 MPa değerleri daha yüksek

varyasyon göstermektedir. Dolayısıyla, HBN katkısı çekme mukavemetinde yaklaşık %15,3 oranında artış sağlamış, ancak modülüs değerinde %2,4 oranında azalma ile birlikte ölçüm sonuçlarında daha geniş bir dağılım oluşturmuştur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Saf ve HBN katkılı epoksi cam elyaf takviyeli kompozitler üzerinde gerçekleştirilen çekme testleri, katkı maddesinin mekanik performansa etkilerini net biçimde ortaya koymuştur. Saf kompozit numunelerde ortalama çekme mukavemeti 410,2 MPa, elastik modülüs ise 15,1 GPa olarak belirlenmiştir. Buna karşın HBN katkılı numunelerde modülüs 14,8 GPa'a düşerken, ortalama çekme mukavemeti 473,3 MPa seviyesine yükselmiştir. Elde edilen bulgular, HBN'nin matris–elyaf ara yüzey etkileşimini güçlendirerek yük aktarımını iyileştirdiğini, böylece mukavemeti yaklaşık %15,3 oranında artırdığını göstermektedir.

Bununla birlikte, modülüs değerindeki %2,4'lük azalma, HBN katkısının matriksin rijitliği üzerinde sınırlı da olsa olumsuz bir etki oluşturabileceğini düşündürmektedir. Standart sapma verileri incelendiğinde, saf kompozitlerin elastik modülüsünde oldukça düşük (0,12 GPa) bir varyasyon gözlenirken, HBN katkılı numunelerde bu değerin 0,897 GPa'a yükseldiği görülmektedir. Bu durum, katkının dağılımında homojenlik problemleri olabileceğini ve ölçümlerde daha geniş bir varyasyona yol açtığını göstermektedir. Öte yandan, mukavemet değerlerinde standart sapmanın HBN katkısıyla birlikte azalması (68,3 MPa'dan 63,2 MPa'a), katkının yük taşıma kapasitesinde belirli bir denge sağladığını işaret etmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, HBN katkısı kompozitlerin kırılma davranışını süneklik yönünde iyileştirmiş ve çekme mukavemetinde önemli bir artış sağlamıştır. Bu bulgular, HBN'nin özellikle yüksek mukavemet gerektiren uygulamalarda kompozit performansını optimize eden bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak elastik modülüs üzerindeki olası negatif etkiler ve dağılım kaynaklı heterojenlikler, gelecekteki çalışmalar için optimizasyon gerektiren kritik noktalar olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Eboyam. (2022). Cam Elyaf Nedir?

Metalurji Malzeme.net. (t.y.). Kübik bor nitrür özellikleri & kullanım alanları. Erişim adresi:

Ge, M., Zhang, J., Zhao, C., & Du, G. (2019). Effect of hexagonal boron nitride on the thermal and dielectric properties of polyphenylene ether resin for high-frequency copper clad laminates. Materials & Design, 182, 108028.

Akkuş, F., & Işık, M. Z. (2023). Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon bataryaların hava, sıvı ve ısı borulu termal yönetim sistemlerinin incelenmesi. Bülten of Young Scientists, 13(2), 36-54. https://doi.org/10.29203/buyasambid.1339607

Çakır, M., & Berberoğlu, B. (2019). E-cam elyaf takviyeli epoksi matrisli kompozit malzemelerin elyaf oranındaki artış ile mekanik özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi. European Chemical Journal of Science and Engineering, 6(1), 1-8. https://doi.org/10.29203/ecjse.415482

Dursun, İ. (2018). Cam elyaf takviyeli polimerlerin değişik sıcaklıklarda mekanik davranışları (Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı).

Tekay, E. (2020). Halloysit nanotüp takviyeli kopoliester termoplastik elastomer kompozitler: Isıl ve mekanik özelliklerin incelenmesi. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(3), 1343-1354. https://doi.org/10.31202/ecjse.764528

Liu, M., Zhang, H., Wu, Y., Wang, D., & Pan, L. (2024). Effect of functionalization on thermal conductivity of hexagonal boron nitride/epoxy composites. Composites Science and Technology, 219, 124844. https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2024.124844

Sukur, E. F., Elimsa, S., Eskizeybek, V., & Avci, A. (2024). Damage tolerance of basalt fiber reinforced multiscale composites: Effect of nanoparticle morphology and hygrothermal aging. Composites Part B: Engineering, 273, 111234. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111234

Demircan, Ö., & Gürbüz, M. (2021). Nanomalzeme katkılı fiber takviyeli termoplastik kompozit malzeme ve bunun üretim yöntemi. Açıklama ve Bilgiler, 2021. https://avesis.omu.edu.tr/fikrimulkiyet/b0272ede-a5da-493a-95ef-5258baf13774 /nano malzeme-katkili-fiber-takviyeli-termoplastik-kompozit-malzeme-ve-bunun-uretim-yontemi

HALLOYSİT/CAM ELYAF/EPOKSİ REÇİNE KATKILI YENİ BİR KOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ

Muhammed Furkan KÖPRÜBAŞI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0007-4515-9321

Prof. Dr. Özgür DEMİRCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8235-3966

ÖZET
Gelişen dünyamız ve ülkemizdeki kompozit malzemelere talep her geçen gün artıyor. Bu artışla birlikte kompozit malzeme imalatı da hızla yükseliyor. Cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin hafifliği, araçların ve uçakların toplam ağırlığını düşürerek enerji verimliliğini artırmakta ve böylece çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunmaktadır. Tüm bu faktörler, kompozit malzemelerin gelecekte daha yaygın hale gelmesini destekleyen önemli unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Halloysit, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ampirik formülüne sahip bir alümino silikat kil mineralidir ve kaolinit grubunun bir üyesidir. Bu mineral, endüstriyel uygulamalarda ve laboratuvar çalışmalarında önemli bir yer tutar; özellikle nanokompozitlerde dolgu maddesi olarak, katalizör destekleri, su arıtımı ve gaz ayırma uygulamalarında kullanılmaktadır.
Bu araştırmada kompozit malzemelerin eğme mukavemeti özelliklerini iyileştirmek için halloysit katkısı kullanılarak yeni bir kompozit malzeme geliştirilmiştir. Halloysit tozu ve epoksi reçine karışımı solüsyonu mekanik karıştırıcı, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizatör kullanılarak hazırlanmıştır. Halloysit nano malzemeler epoksi reçine ile karıştırılıp, el yatırma yöntemiyle cam kumaşlara emdirilerek kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen plakalardaki halloysit ağırlık oranı %1,5'dir. Üretilen kompozit numunelerin lif hacim oranlarını tespit etmek için ASTM D3171–99 standardına uygun olacak şekilde yakma testi uygulanmıştır. Eğme testleri, Ondokuz mayıs Üniversitesi (OMÜ) Merkez Laboratuvarı (KITAM) bünyesindeki INSTRON 5982 model (100 kN kapasiteli) cihazla, ASTM D3039 standardına uygun şekilde ve 1 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir. Saf, halloysit katkılı kompozitlerin mekanik performansları karşılaştırıldığında, eğme testlerinde halloysit katkılı 0° numuneler, saf kompozitlere göre %12 daha yüksek mukavemet ve %19,5 daha yüksek elastik modül sunduğu görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Cam elyaf, Epoksi reçine, Halloysit, Termoset kompozit, Eğme özellikleri.

DEVELOPMENT OF A NEW COMPOSITE MATERIAL WITH HALLOYCITE/GLASS FIBER/EPOXY MATRIX

ABSTRACT
The demand for composite materials in our developing world and our country is increasing day by day. With this increase, the manufacturing of composite materials is also increasing rapidly.

The lightweight nature of glass fiber-reinforced composite materials reduces the overall weight of vehicles and aircraft, increasing energy efficiency and thus contributing to environmental sustainability. All of these factors stand out as key factors supporting the future adoption of composite materials. Halloysite is an aluminosilicate clay mineral with the empirical formula $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ and a member of the kaolinite group. This mineral holds significant importance in industrial and laboratory applications, particularly as a filler in nanocomposites, catalyst supports, water treatment, and gas separation.
In this research, a new composite material has been developed using halloysite additive to improve the bending strength properties of composite materials. A mixture solution of hexagonal boron nitride (h-BN) powder and epoxy resin was prepared using a mechanical mixer, ultrasonic bath, and ultrasonic homogenizer. For this purpose, hexagonal boron nitride (h-BN) nanomaterials were mixed with epoxy resin and impregnated onto glass fabrics using a hand-laying method to produce composite materials. The h-BN weight ratio in the produced plates was 1.5%. Burn-out tests were conducted to determine the fiber volume fractions of the composite samples in accordance with ASTM D3171–99. Tensile tests were carried out with the INSTRON 5982 model (100 kN capacity) device within the Ondokuz Mayıs University (OMU) Central Laboratory (KITAM), in accordance with the ASTM D3039 standard and at a speed of 1 mm/min. When the mechanical performances of pure, halloysite-added composites were compared, it was seen that the 0° halloysite-added samples presented 12% higher strength and 19.5% higher elastic modulus than the pure composites in bending tests.
Keywords: Glass fiber, Epoxy resin, Halloysite, Composite material, Bending properties.

GİRİŞ

Elektrikli araçların yaygınlaşması, hem çevresel etkileri azaltmak hem de enerji verimliliğini artırmak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu araçların performansı, güvenliği ve dayanıklılığı büyük ölçüde bataryalarının özelliklerine bağlıdır. Özellikle bataryaların aşırı ısınmaya karşı korunması, uzun ömürlü ve güvenli çalışması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Halloysit katkılı cam elyaf takviyeli epoksi kompozitler, bu bağlamda elektrikli araç bataryalarının güvenliğini artırmada önemli bir potansiyel sunmaktadır.
Halloysit katkılı cam elyaf kompozitler, yüksek sıcaklık dayanımı, mükemmel elektriksel yalıtım ve mekanik sağlamlık gibi özellikleri sayesinde batarya sistemlerinin hem güvenli hem de uzun ömürlü çalışmasını sağlar. Bu malzemeler, bataryaların aşırı ısınarak patlama veya performans kaybı riskini minimize edebilir. Projede, halloysit katkılı cam elyaf kompozitler üretildikten sonra termal yaşlandırma işlemlerine tabi tutulacak ve ASTM standartlarına uygun testlerle mekanik ve termal performansları değerlendirilecektir. Bu süreç, malzemenin batarya sistemlerinde kullanım potansiyelini objektif olarak ortaya koymayı amaçlamaktadır.
Kompozit malzemelerin metal malzemelere göre hafif olması, elektrikli araçların toplam ağırlığını azaltarak menzilin artırılmasına katkı sağlar. Aynı zamanda cam elyafın mekanik sağlamlığı, bataryaların darbelere ve aşınmalara karşı dayanıklılığını artırır. Bu sayede, halloysit katkılı cam elyaf kompozitler, batarya gövdelerinin hem güvenli hem de performans açısından optimize edilmesini sağlar.
Ek olarak, cam elyaf takviyeli kompozitlerin geri dönüştürülebilir olması, bu malzemeleri çevre dostu bir seçenek hâline getirir. Kullanılmış kompozitler, uzun cam elyaflar kesme veya yeniden işleme gibi yöntemlerle tekrar kullanılabilir. Bu durum, elektrikli araçların hem sürdürülebilirliğini artırmakta hem de üreticilere rekabet avantajı sağlamaktadır. Daha hafif, daha güvenli ve mekanik olarak dayanıklı batarya kaplamaları, elektrikli araçların performansını iyileştirirken kullanıcıların güvenlik kaygılarını da azaltır.

Sonuç olarak, halloysit katkılı cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin elektrikli araç bataryalarında kullanımı, güvenlik, performans ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli faydalar sunmaktadır. Bu malzemelerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, elektrikli araçların daha verimli, güvenilir ve cazip hale gelmesini sağlayarak fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmada kritik bir rol oynayacaktır.

Elektrikli araçlarda lityum iyon bataryaların güvenliği ve performansı için termal yönetim kritik önemdedir. Soğutma sistemleri üçe ayrılır: hava, sıvı ve ısı borulu. Hava soğutma ucuz ve basit, ancak verimi sınırlıdır. Sıvı soğutma etkili ısı transferi sağlar, fakat karmaşık ve maliyetlidir. Isı borulu sistemler hızlı ve etkili soğutma sunar, özellikle yüksek performanslı uygulamalarda kullanılır. Doğru yöntem seçimi, bataryaların güvenliğini ve ömrünü doğrudan etkiler (Akkuş, F., & Işık, M. Z. 2023).

Elektrikli araçlarda lityum iyon bataryaların güvenliği ve performansı için termal yönetim kritik önemdedir. Soğutma sistemleri üç grupta incelenir: hava, sıvı ve ısı borulu. Hava soğutma basit ve ucuzdur ancak verimi düşüktür. Sıvı soğutma yüksek ısı transferi sağlar fakat maliyetli ve karmaşıktır. Isı borulu sistemler ise hızlı ve etkili soğutma sunar, özellikle yüksek performanslı uygulamalarda kullanılır. Uygun yöntem seçimi, bataryaların ömrünü ve güvenliğini belirler (Akkuş, F., & Işık, M. Z. 2023).

Cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin mekanik özellikleri elyaf oranına bağlıdır. Elyaf oranı %30'dan %60'a çıktığında çekme dayanımı %73, eğilme dayanımı %92 artış göstermiştir. Darbe dayanımı %60 elyaf oranında en yüksek seviyeye ulaşırken, daha yüksek oranlarda azalma olabilmektedir. Bu nedenle uygun elyaf oranı seçimi, batarya kaplamalarında malzeme performansını artırmada kritik rol oynamaktadır (Çakır, M., & Berberoğlu, B. ,2019).

Cam elyaf takviyeli polimerlerin mekanik davranışları sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık arttıkça çekme mukavemeti, elastik modül ve darbe dayanımı azalmış; malzeme daha kırılgan hale gelmiştir [3].

Halloysit nanotüp (HNT) takviyeli COPE kompozitlerde HNT içeriği arttıkça elastik modül %55 artarak 29,2 MPa'ya ulaşmıştır. Ancak çekme mukavemeti artan HNT miktarıyla azalmış, muhtemelen polimer zincir hareketlerinin kısıtlanmasından kaynaklanmıştır (Dursun, İ. 2018).

H-BN takviyeli epoksi kompozitlerde filler içeriği 0'dan %15'e çıktığında termal iletkenlik 0,218 W/m·K'den 0,825 W/m·K'ye çıkarak %377,9 artış göstermiştir. Grafit katkısında ise %2 içerik ile termal iletkenlik 0,692 W/m·K'den 0,703 W/m·K'ye çıkarak %7,8'lik bir artış sağlamıştır (Liu, M., Zhang, H., Wu, Y., Wang, D., & Pan, L. 2024).

Bazalt lifleri takviyeli kompozitlerde termal iletkenlik nanoparçacık morfolojisine bağlıdır. SiO_2 nanoparçacık çekme dayanımını %44, HNT nanoparçacık eğilme dayanımını %30 ve darbe direncini %8 artırmıştır. Higrotermal yaşlanma termal dayanımı %15 azaltırken, uygun nanoparçacık morfolojisi ile bu kayıp %10 telafi edilebilmektedir (Sukur, E. F., Elimsa, S., Eskizeybek, V., & Avci, A. 2024).

Cam elyaf takviyeli polimerlerin mekanik davranışı sıcaklığa bağlıdır. Oda sıcaklığında çekme mukavemeti 120 MPa iken, 80°C'de 90 MPa'ya düşmektedir. Eğilme mukavemeti de 150 MPa'dan 110 MPa'ya azalmaktadır (Dursun, İ. 2018).

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

Cam elyaf, silika kumu, kireçtaşı, boraks ve soda külü gibi minerallerin yüksek sıcaklıkta eritilmesiyle üretilen, ince liflerden oluşan bir malzemedir. Yüksek mekanik dayanımı, ısıya ve kimyasallara karşı direnci ile öne çıkmaktadır. -168 °C ile +1200 °C arasında kullanılabilmesi, onu izolasyon ve yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda ideal hale getirmektedir (eboyam,2022).

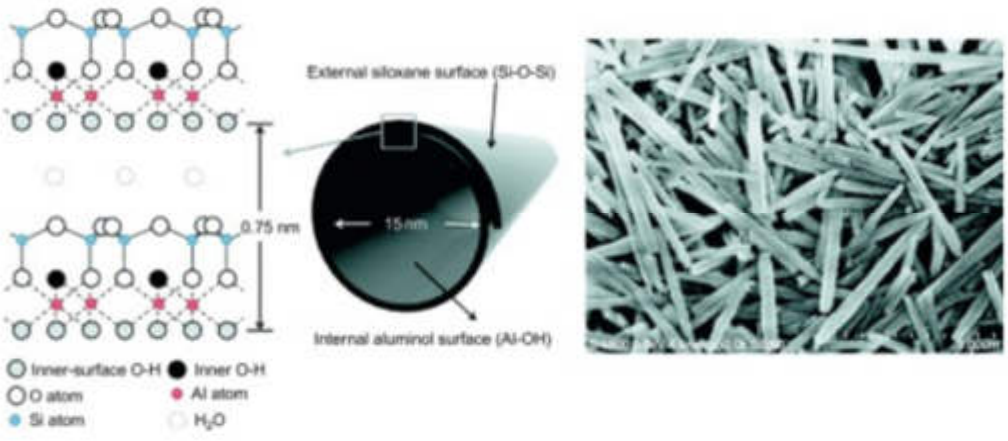
Tarihsel olarak Fenikeliler ve Mısırlılar tarafından kullanılan cam elyaf, modern anlamda 1930'larda endüstriyel üretime geçmiştir. Günümüzde inşaat, otomotiv, havacılık, savunma ve gemi yapımı gibi birçok sektörde tercih edilmektedir. Özellikle beton takviyesi, çatı kaplamaları, banyo ve mutfak ürünleri, balistik kalkanlar ve kimyasal tanklarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Hafifliği, dayanıklılığı ve çevre dostu yapısı sayesinde alternatiflerine göre önemli avantajlar sunmaktadır (eboyam,2022).

Kompozit üretiminde matris malzemesi olarak Duratek firmasının DTE 1200 epoksisi ve DTS 1151 sertleştiricisi kullanılmıştır. Karışım, 79 g epoksiye 21 g sertleştirici eklenerek hazırlanmış olup, düşük viskoziteye (350 ±50 MPa) ve 1,10–1,15 g/cm³ yoğunluğa sahiptir. 23 °C'de 100 ml için kap ömrü yaklaşık 170–185 dakikadır.

Halloysit, kimyasal formülü $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ olan bir alüminosilikat kil mineralidir ve kaolinit grubuna aittir. Yapısal olarak 10–15 atomik levhadan oluşan silindirik nanotüpler şeklinde bulunur; dış çapı 50–60 nm, iç çapı 12–15 nm ve uzunluğu 0,5–10 µm'dir. Bu nanotüplerin dış yüzeyi SiO_2, iç yüzeyi Al_2O_3 içerir ve yüksek özgül yüzey alanı (~117 m^2/g) sayesinde polimer matriksle güçlü bağlanma sağlar. Halloysit, genellikle hidrotermal alterasyonla oluşur ve nanokompozitlerde dolgu maddesi, Li-ion pillerde ise batarya kaplamalarında kullanılmaktadır (Şekil 1).

Cam elyaf takviyeli halloysit katkılı epoksi kompozitler, elektrikli araç bataryaları için yüksek sıcaklık dayanımı, mekanik sağlamlık ve mükemmel elektriksel yalıtım sağlar. Bu malzemeler, bataryaların aşırı ısınmasını önleyerek patlama riskini minimize eder ve metal malzemelere kıyasla hafifliği sayesinde araç ağırlığını azaltarak menzil artışı sağlar.

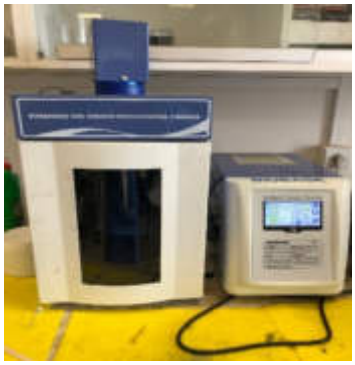
Ayrıca, halloysit katkılı cam elyaf kompozitler geri dönüştürülebilir özelliktedir; uzun cam elyaflar kesilerek yeniden kullanılabilir. Bu durum, hem elektrikli araçların çevresel sürdürülebilirliğini artırır hem de üreticilere rekabet avantajı sağlar. Bu malzemelerin kullanımı, güvenli, hafif ve performanslı batarya kaplamaları ile elektrikli araçların yaygınlaşmasına katkıda bulunur.



Şekil 1. Halloysite Kimyasal Yapısı ve SEM Görüntüsü (halloysite." sciencedirect)

Halloysit Tozlarının Homojen Olarak Karıştırılması

Halloysit partiküllerinin epoksi reçine içerisinde homojen şekilde dağılabilmesi amacıyla Biobase marka ultrasonik homojenizatör kullanılmıştır. Bu yöntemle partiküllerin reçine içerisinde düzgün dağılımı sağlanmış ve kompozitlerin performansı artırılmıştır (Şekil 2).

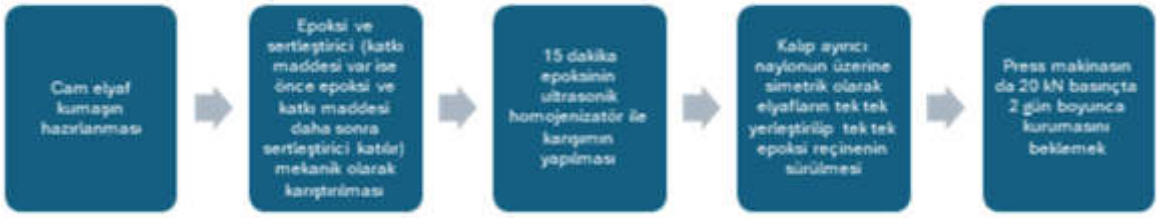


Şekil 2. Biobase Ultrasonik Homojenizatör

Üretilen kompozit plakaların test numuneleri, sulu kompozit kesme makinesi ile hazırlanmıştır. Bu cihaz, kesim sırasında soğutma sağlayarak düzgün yüzey elde edilmesine ve malzemenin zarar görmeden kesilmesine imkân tanımaktadır. Numunelerin ve karışımların tartımında kullanılan hassas terazi, yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik sağlamıştır. Bu cihaz, laboratuvar çalışmalarında güvenilir veri elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.
Epoksi karışımındaki hava kabarcıklarını gidermek için mekanik karıştırma sonrası karışım, 5 dakika süreyle vakum fırınına yerleştirilmiştir. Böylece reçine, kompozit yapıya homojen ve boşluksuz şekilde entegre edilmiştir.

Elle Yatırma Yöntemi ile Kompozit Üretimi

Kompozit üretiminde 30×30 cm boyutlarında kesilmiş altı kat cam elyaf kumaş kullanılmıştır. Epoksi (Duratek DTE 1200) ve sertleştirici (DTS 1151), tedarikçi firmanın önerdiği 79:21 oranında hazırlanmış ve fırça ile kumaş katmanlarına uygulanmıştır. İlk katman ıslatıldıktan sonra, metal rulo yardımıyla hava boşlukları giderilmiş, aynı işlem tüm katmanlara sırasıyla uygulanmıştır.
Laminasyonun tamamlanmasının ardından yüzeye sıyırıcı kumaş yerleştirilmiş, yapı sızdırmazlık bandı ile kapatılarak vakum torbasına alınmıştır. Torba içerisindeki hava boşlukları giderildikten sonra numuneler, iki düz metal plaka arasına yerleştirilmiş ve 20 kN basınç altında, oda sıcaklığında iki gün boyunca kürlenmeye bırakılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Elle Yatırma Yönteminin Şematik Anlatımı

Kompozit Numunelere Uygulanan Testler

Kompozit yapıların yapısal özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli test cihazlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Kompozit plakalardan, uygulanacak testlerin gerektirdiği standartlara uygun boyut ve şekillerde numuneler hazırlanmış ve bu numunelere ilgili test prosedürleri doğrultusunda mekanik testler uygulanmıştır.

Tablo 1. Cam Elyaf Takviyeli Nanokompozitlerin Test Detayları

Test	Test yönü	Numune ölçüleri	Numune Türü	Numune tekrarı	Kat	Test standartları
Eğme testi	0°	20mm(w)x200mm(l)	Saf HBN Halloysite	3	6	ASTM D-3039

Her bir test için gerekli numuneler, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kompozit Üretim Laboratuvarı'nda bulunan sulu kompozit kesme makinesinde kesilmiştir. Numune kesim işlemleri, test standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4 ve Şekil 5).

Şekil 4. Kompozit Plakaların Ölçülendirilip Çizilmesi

Şekil 5. Kompozit Plakanın Kesilmiş Hali

BULGULAR

Eğme Testi Sonuçları

Eğme testleri sonucunda, 0° yönelimli numuneler arasında en yüksek ortalama eğme mukavemeti 683,8 MPa ile halloysit katkılı kompozitte elde edilmiştir. Aynı numune, 23,9 GPa ortalama elastik modül değeriyle yüksek rijitlik göstermiştir.

Bu durum, halloysit parçacıklarının epoksi matris içerisinde homojen dağılımının ve elyafların yük doğrultusuna paralel hizalanmasının sinerjik bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bu yüksek performansa eşlik eden 2,3 GPa modülüs ve 45,0 MPa mukavemet standart sapmaları, numuneler arasında belirgin varyasyon bulunduğunu, yani dolgu-matris ara yüzeyinde ve dolgu dağılımında homojenlik problemleri yaşanabileceğini düşündürmektedir.

Saf 0° yönelimli kompozit ise 605,5 MPa ortalama eğme mukavemeti ve 25,8 GPa elastik modülüs değeri ile halloysit katkılı sisteme kıyasla daha düşük mukavemet sunmasına rağmen oldukça yakın rijitlik göstermiştir. Ayrıca, 0,17 GPa modülüs ve 18,6 MPa mukavemet standart sapması ile en düşük varyans değerlerine sahiptir. Bu sonuç, saf sistemin yapısal homojenliğinin yüksek olduğunu ve tekrarlanabilir mekanik performans sunduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla, 0° yönelimli numunelerde halloysit katkısı, saf sisteme göre eğme mukavemetini yaklaşık %13 artışla belirgin şekilde iyileştirmiştir. Ancak standart sapma değerleri, katkılı sistemlerde üretim sürecinin daha hassas kontrol gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Kompozit Numunelerin Eğme Testi Sonuçlarının Ortalama Modulüs ve Mukavemet Sonuçları

Numune Adı	**Ortalama Modulüs (GPa)**	**Ortalama Mukavemet (MPa)**	**Standart sapma modulus (GPa)**	**Standart sapma mukavemet (MPa)**
saf 0 1 2	25,8	605,5	0,17	18,6
halloy 0 1 2	23,9	683,8	2,3	45,0

TARTIŞMA VE SONUÇ

Eğme testi bulguları, kompozitlerin mekanik performansında hem elyaf yöneliminin hem de halloysit katkısının belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. 0° yönelimli saf numuneler, 25,8 GPa modülüs ve 605,5 MPa mukavemet değerleriyle yüksek rijitlik ve dayanım sergilemiştir. Ancak halloysit katkısı, bu numunelerde mukavemeti yaklaşık %13 oranında artırarak 683,8 MPa seviyesine taşımış, buna karşın elastik modülüsün 23,9 GPa'a düşmesine neden olmuştur. Bu durum, halloysit parçacıklarının ara yüzey bağını güçlendirerek yük aktarımını iyileştirdiğini, ancak rijitliği sınırlı ölçüde azalttığını ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, halloysit katkılı numunelerde standart sapmaların yüksek olması (2,3 GPa modülüs, 45,0 MPa mukavemet) dolgu–matris ara yüzeyinde homojenlik problemlerine işaret etmektedir. Saf kompozitler ise daha düşük mukavemet değerleri sunmalarına rağmen, düşük standart sapma değerleri (0,168 GPa, 18,6 MPa) sayesinde daha homojen ve tekrarlanabilir bir mekanik performans ortaya koymuştur.

Genel olarak, halloysit katkısı 0° yönelimli numunelerde eğme mukavemetini anlamlı şekilde iyileştirmiştir. Ancak yüksek varyasyon, üretim sürecinde dolgu dağılımının ve ara yüzey bütünlüğünün daha sıkı kontrol edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Eboyam. (2022). Cam Elyaf Nedir?

ScienceDirect. (t.y.). Halloysite. Agricultural and Biological Sciences. Erişim adresi: https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/halloysite

Akkuş, F., & Işık, M. Z. (2023). Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon bataryaların hava, sıvı ve ısı borulu termal yönetim sistemlerinin incelenmesi. Bülten of Young Scientists, 13(2), 36-54. https://doi.org/10.29203/buyasambid.1339607

Çakır, M., & Berberoğlu, B. (2019). E-cam elyaf takviyeli epoksi matrisli kompozit malzemelerin elyaf oranındaki artış ile mekanik özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi. European Chemical Journal of Science and Engineering, 6(1), 1-8. https://doi.org/10.29203/ecjse.415482

Dursun, İ. (2018). Cam elyaf takviyeli polimerlerin değişik sıcaklıklarda mekanik davranışları (Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı).

Tekay, E. (2020). Halloysit nanotüp takviyeli kopoliester termoplastik elastomer kompozitler: Isıl ve mekanik özelliklerin incelenmesi. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(3), 1343-1354. https://doi.org/10.31202/ecjse.764528

Liu, M., Zhang, H., Wu, Y., Wang, D., & Pan, L. (2024). Effect of functionalization on thermal conductivity of hexagonal boron nitride/epoxy composites. Composites Science and Technology, 219, 124844. https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2024.124844

Sukur, E. F., Elimsa, S., Eskizeybek, V., & Avci, A. (2024). Damage tolerance of basalt fiber reinforced multiscale composites: Effect of nanoparticle morphology and hygrothermal aging. Composites Part B: Engineering, 273, 111234. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111234

Demircan, Ö., & Gürbüz, M. (2021). Nanomalzeme katkılı fiber takviyeli termoplastik kompozit malzeme ve bunun üretim yöntemi. Açıklama ve Bilgiler, 2021. https://avesis.omu.edu.tr/fikrimulkiyet/b0272ede-a5da-493a-95ef-5258baf13774/nanomalzeme-katkili-fiber-takviyeli-termoplastik-kompozit-malzeme-ve-bunun-uretim-yontemi

UÇAK PARÇALARINDA KULLANILABİLECEK KARBON TOZU KATKILI KARBON ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMELERİN GELİŞTİRİLMESİ

Aleyna NUR PEKER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0000-9383-4861

Rümeysa ATEŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0005-6494-3766

Nida Nur BOZKURT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0002-2040-6641

Prof. Dr. Özgür DEMİRCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8235-3966

ÖZET

Günümüzde, havacılık endüstrisi giderek daha hafif, daha dayanıklı ve daha verimli malzemeler arayışındadır. Bundan dolayı, karbon elyaf takviyeli kompozit malzemeler havacılık endüstrisinde her geçen gün daha çok tercih edilmektedir. Ama bu malzemelerin, termal ortamlarda uzun süreli performansı bir endişe kaynağı oluşturmaktadır. Karbon tozunun yüksek mukavemet ve düşük ağırlığından dolayı bu çalışmada karbon fiber takviyeli epoksi matriksli kompozit malzemede ikincil bir takviye elemanı olarak kullanılacaktır. Bu sayede, karbon tozunun kompozite ilave edilmesi ile hem mekanik hem de termal özellikler optimize edilecektir.

Gelişen dünyamızda ve ülkemizdeki askeri ve ticari uçak ihtiyacına talep her geçen gün artıyor. Bu artışla birlikte askeri ve ticari uçak imalatı da hızla yükseliyor. Bu araştırmada uçak parçalarında kullanılabilecek kompozit malzemelerin çekme özelliklerini iyileştirmek için yeni bir kompozit malzeme geliştirilmiştir.

Bu amaçla, karbon siyahı tozu malzemelerin bilyalı öğütücüde öğütülmüştür. Daha sonra taramalı elektron mikroskobu kullanılarak karbon siyahı tozlarının boyutlarının küçültüldüğü görülmüştür. Aktif karbon tozu ve etanol karışımı solüsyonu manyetik karıştırıcı, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizatör kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilen solüsyon, karbon elyaf/PP prepreg üzerine sprey cihazı ile püskürtülerek prepreg yüzeyinin kaplanması sağlanmıştır. Karbon kumaş/epoksi reçineli prepreg yüzeyi karbon siyahı tozu ile kaplanıp sıcak pres yöntemiyle kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen plakalardaki karbon siyahı ağırlık oranı %2'dir. Üretilen kompozit numunelerin lif hacim oranlarını tespit etmek için ASTM D3171–99 standardına uygun olacak şekilde yakma testi uygulanmıştır.

Çekme testleri, Ondokuz mayıs Üniversitesi (OMÜ) Merkez Laboratuvarı (KITAM) bünyesindeki INSTRON 5982 model (100 kN kapasiteli) cihazla, ASTM D3039 standardına uygun şekilde ve 1 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir. Saf ve karbon siyahı katkılı kompozitlerin mekanik performansları karşılaştırıldığında, karbon siyahı katkısının özellikle çekme modülüsünü 15,8 GPa dan 19,5 GPa ya çıkardığı görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Uçaklar, karbon elyaf, epoksi reçine, karbon siyahı, termoset kompozit, çekme özellikleri.

DEVELOPMENT OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH CARBON POWDER THAT CAN BE USED IN AIRCRAFT PARTS

ABSTRACT
Today, the aerospace industry is increasingly seeking lighter, more durable, and more efficient materials. Therefore, carbon fiber-reinforced composite materials are increasingly preferred in the aerospace industry. However, the long-term performance of these materials in thermal environments remains a concern. Due to the high strength and low weight of carbon powder, it will be used as a secondary reinforcement element in the carbon fiber-reinforced epoxy matrix composite material in this study. Thus, the addition of carbon powder to the composite will optimize both mechanical and thermal properties.
The demand for military and commercial aircraft in our developing world and our country is increasing day by day. With this increase, military and commercial aircraft manufacturing is also increasing rapidly. In this research, a new composite material has been developed to improve the tensile properties of composite materials that can be used in aircraft parts.
For this purpose, carbon black powder materials were ground in a ball mill. Scanning electron microscopy subsequently demonstrated that the carbon black powder had reduced in size. A solution of activated carbon powder and ethanol was prepared using a magnetic stirrer, ultrasonic bath, and ultrasonic homogenizer. The resulting solution was sprayed onto the carbon fiber/PP prepreg using a spray device to coat the prepreg surface. The carbon fabric/epoxy resin prepreg surface was coated with carbon black powder, and the composite materials were produced using the hot-pressing method. The carbon black content in the produced plates was 2% by weight. Burn-in tests were conducted to determine the fiber volume fractions of the composite samples in accordance with ASTM D3171–99. Tensile tests were carried out with the INSTRON 5982 model (100 kN capacity) device within the Ondokuz Mayıs University (OMU) Central Laboratory (KITAM), in accordance with the ASTM D3039 standard and at a speed of 1 mm/min. When the mechanical performances of pure and carbon black added composites were compared, it was seen that carbon black added particularly increased the tensile modulus from 15.8 GPa to 19.5 GPa.
Keywords: Aircrafts, carbon fiber, epoxy resin, carbon black, thermoset composite, tensile properties.

GİRİŞ
21. yüzyılda havacılık sektörü, ekonomik, stratejik ve teknolojik açıdan kritik bir öneme sahiptir ve küresel ölçekte giderek daha merkezi bir rol üstlenmektedir. Artan yolcu ve yük taşımacılığı talebi, uçak yapılarında kullanılan malzemelerin hem yüksek performans hem de düşük ağırlık gereksinimlerini karşılamasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda, kompozit malzemeler, farklı fazların birleşimiyle elde edilen yapıları sayesinde tek bir malzemenin sağlayamayacağı üstün mekanik, termal ve kimyasal özellikler sunmaktadır.

Günümüzde havacılık ve ileri mühendislik uygulamalarında kullanılan malzemelerden, yüksek özgül dayanım, düşük ağırlık, iyi yorulma dayanımı ve fonksiyonel çok yönlülük gibi özellikler beklenmektedir. Bu gereksinimleri karşılamak üzere karbon elyaf takviyeli epoksi kompozitler (CFRP) yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu kompozitlerin düşük elektriksel iletkenlik, sınırlı darbe dayanımı ve hasar toleransı gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle, matris fazının çeşitli katkı malzemeleri ile modifiye edilmesi araştırmaların odak noktası olmuştur.

Bu katkılar arasında karbon siyahı (carbon black), düşük maliyeti, yüksek yüzey alanı ve iletkenliği sayesinde öne çıkmaktadır. Karbon tozu, epoksi matris içinde homojen dağıtıldığında, çekme dayanımı, aşınma direnci ve kırılma tokluğu gibi mekanik özellikleri geliştirebilmekte; aynı zamanda elektriksel ve termal iletkenliği artırarak kompozite çok işlevli özellikler kazandırmaktadır. Özellikle antistatik davranış, elektromanyetik girişim (EMI) koruması ve şimşek akımının dağıtılması gibi fonksiyonlar, havacılıkta kritik önem taşımaktadır (Ma ve ark., 2002; Xu ve ark., 2016).

Literatürde yapılan çalışmalara göre karbon siyahı katkısının etkisi doğrudan kullanılan oranla ilişkilidir. Düşük oranlarda (%2–5 a/a) karbon tozu eklenmesi, matrisle güçlü bir ara yüzey etkileşimi sağlayarak mekanik dayanımı artırırken, aşırı miktarlarda katkı boşluk ve aglomerasyona yol açarak malzemeyi kırılgan hale getirebilmektedir (Ahmadi ve Nugroho, 2020). Türkçe literatürde ise, EPDM-karbon siyahı hibrit kompozitleri üzerine yapılan çalışmalarda, karbon siyahının uygun oranlarda eklenmesiyle çekme dayanımının 115,5–158,6 MPa seviyelerine ulaştığı rapor edilmiştir (Selçuk Üniversitesi, 2019). Ayrıca, atık lastiklerden elde edilen karbon siyahı nanoparçacıklarıyla hazırlanan epoksi kompozitlerde düşük oranlarda (0,3–1 wt%) katkının, hem bükülme dayanımını hem de termal stabiliteyi artırdığı bildirilmiştir (Alar Öner, 2022).

Son yıllarda yapılan başka bir çalışmada ise karbon siyahı takviyeli epoksi reçinelerde, iletkenlik ağlarının oluşumu üzerinde yoğunlaşılmıştır. Bu çalışmada düşük oranlarda karbon tozu eklenmesiyle bile, epoksinin elektriksel direnç değerinin ciddi ölçüde düştüğü ve malzemenin yarı iletken özellik göstermeye başladığı tespit edilmiştir. Böylece, karbon siyahı katkılı kompozitlerin yalnızca mekanik dayanımı değil, aynı zamanda akıllı malzeme uygulamaları için potansiyel taşıdığı da ortaya konmuştur (Zhou ve ark., 2014).

Ayrıca, Wang ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, karbon siyahı takviyesinin karbon elyaf takviyeli epoksi matrislerde delaminasyon direncini artırdığını ve çatlak ilerlemesini yavaşlattığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Kim ve ark. (2020), düşük oranlarda karbon siyahı katkısının yorulma ömrünü önemli ölçüde uzattığını göstermiştir. Bir diğer çalışmada, Sharma ve Gupta (2021), karbon siyahı/karbon elyaf hibrit kompozitlerin ısı iletkenliğinin, yalnızca karbon elyaf içeren kompozitlere kıyasla %35'e kadar daha yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Sonuç olarak, karbon siyahı katkısı, epoksi matrisli kompozitlerde hem yapısal dayanımı artırmakta hem de rijitlik ve yorulma özelliklerini iyileştirmektedir. Bu özellikleri sayesinde karbon tozu, havacılıkta kullanılabilecek yeni nesil kompozitlerin geliştirilmesinde önemli bir katkı malzemesi olarak değerlendirilmektedir.

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

Yapılan çalışmada matris malzemesi olarak kullanılacak epoksi prepreg reçine sistemi, SPM firmasından tedarik edilmiştir. SPM CFD 300 BX kodlu bu sistem, oda sıcaklığında en az 60 gün boyunca iyi yapışma (tack) ve şekil alma (drape) özellikleri sunmaktadır ve değişken sıcaklıklarda kürlenebilme özelliğine sahip olup 120 °C'de kürleme gerçekleştirebilmektedir.

Düşük viskozite ve yüksek akışkanlık özellikleri sayesinde farklı üretim yöntemlerine uygunluk gösteren reçinenin temel teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. VPH BTP H300 kodlu SPM CFD 300 BX Prepreg Sistemi

SPM Kumaş tanımı	**g/ m^2**	**Yapı**	**0° g/m^2**	**-45° g/m^2**	**45° g/m^2**	**90° g/m^2**	**Dikiş g/m^2**	**Elyaf**
SPM CFD 300 BX	305	-45° /+45°	-	150	150	-	5	12K

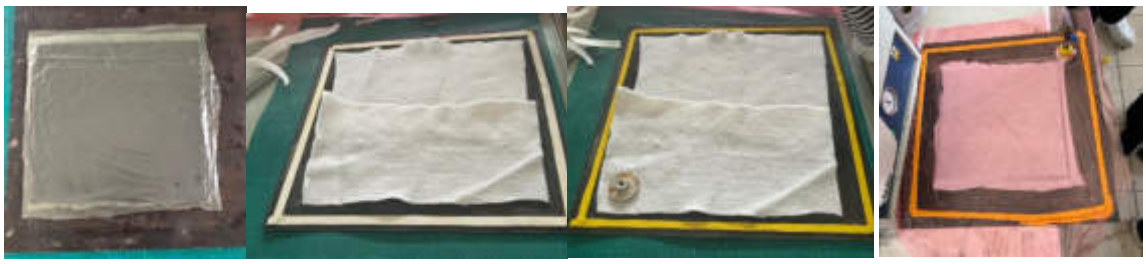
Kompozit üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan karbon tozu tedarikçi firma tarafından temin edilmiştir. Tozların homojen karışmasını sağlamak amacıyla Isolab marka %99,99 saflıkta ethanol kullanılmıştır. Kompozit üretiminde kullanılacak malzemelerin yüzey temizliği için %99,99 saflığa sahip Isolab marka aseton tercih edilmiştir.

Kompozit Numunedeki Karbon Tozlarının Tanecik Boyutunun Küçülmesi

Kompozit malzemeye takviye malzemesi olarak katılacak karbon tozları, OMÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında bulunan bilyalı öğütme makinesiyle öğütülmüştür. Cihaz içerisinde iki hazne barındırmakta ve bu haznenin içerisine malzemeler yerleştirilerek öğütülmektedir. Cihaz içerisine yerleştirilmiş olan karbon tozları için hazneler 350 devir/dk hızında, 30 dakika çalışma ve 25 dakika dinlenme döngüsüyle çalıştırılarak toz haline getirilmiştir.

Vakum İnfüzyon Yöntemiyle Saf Kompozit Plaka Üretimi

30 × 30 cm boyutlarında 10 prepreg tabaka, karbon kumaş takviyesi ile hazırlanarak metal plaka üzerine simetrik biçimde yerleştirilmiştir. Tabakaların üst ve alt yüzeyleri naylon örtü ile kaplanmış, battaniye ile sarılmış ve vakum poşeti sızdırmazlık bandı ile sabitlenmiştir. Prepreg yönlendirmesinde rulodaki dikey çizgiler 0° referans alınmış ve tabakalar üst yüzeyi kırmızı, alt yüzeyi mavi olacak şekilde simetrik olarak yerleştirilmiştir. Vakum infüzyon işlemi ile sistemden hava uzaklaştırılmış ve vakum pompası çalıştırılarak ortam kararlı hâle getirilmiştir (Şekil 1).



(a) (b) (c) (d)

Şekil 1. Vakum Infüzyon Yöntemi ile Plaka Üretimi. (a) Vakum infüzyon sıyırıcı kumaş, (b) Battaniye (c) Sızdırmazlık bandı (d) Vakum naylonu

Numuneler ardından sıcak pres makinesine alınmış, 4 ton basınç altında önce 90 °C'de 30 dakika bekletilmiş, daha sonra 120 °C'ye 2 °C/dak artışla çıkarılmış ve 120 dakika boyunca sabit sıcaklıkta tutulmuştur.

İşlem, prepregin tam kürlenmesini ve kompozit yapının sertleşmesini sağlamış, numuneler 1 gün boyunca basınç altında kapalı ortamda bekletilmiştir ve saf plaka elde edilmiştir.

Karbon Tozlarının Homojen Olarak Karıştırılması

Ara yüzey iyileştirme çalışmaları kapsamında karbon tozları içeren süspansiyon hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonun bileşimi ve özellikleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 2. Karbon Tozlarının Ara Yüzey İyileştirme Denemelerinde Hazırlanmış Olan Süspansiyonu

Aktif karbon ağırlıkça yüzdesi (%)	Saf plaka ağırlıkça yüzdesi (%)
0	100
2	98

İlk olarak %100 saf kompozit plaka üretilmiş, ardından bu plakalara saf plakanın ağırlıkça %2 oranında, bilyalı öğütücüde öğütülen karbon tozları eklenerek süspansiyon oluşturulmuştur (Şekil 8).

Hazırlanan karışım, 15 dakika mekanik karıştırıcı ile işlendikten sonra, sırasıyla 15'er dakikalık periyotlarla ultrasonik banyo, ultrasonik homojenizatör, tekrar ultrasonik banyo ve son olarak bir kez daha ultrasonik homojenizatör kullanılarak karıştırılmıştır (Şekil 2).

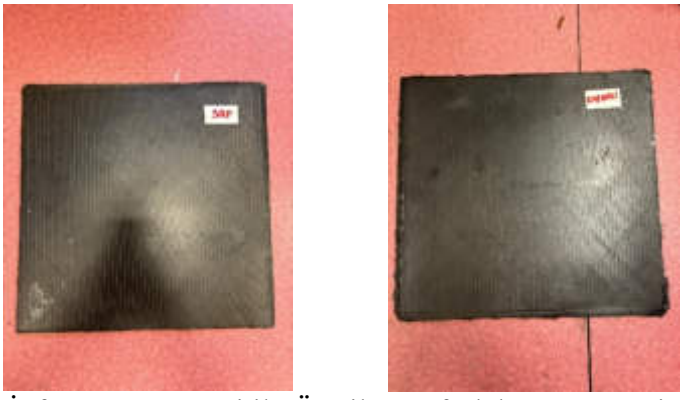
Şekil 2. Mekanik Karıştırıcı, Ultrasonik Banyo ve Ultrasonik Homojenizatör

Kompozit Plaka Üretiminde Kullanılacak Karbon Tozlarının Karbon Kumaş Takviyeli ve Epoksi Reçineli Malzeme (Prepreğin) Kaplanması İşlemi

Karbon kumaş takviyeli epoksi reçineli prepreg malzemeler, üretim öncesinde derin dondurucudan çıkarılarak oda sıcaklığında kısa süre bekletilmiş ve işlemeye hazır hâle getirilmiştir. Hazırlanan karbon tozu karışımı, sprey yöntemi ile prepreg tabakaların her iki yüzeyine homojen biçimde uygulanmış ve tabaka yönlendirmesi dikkate alınarak kırmızı yüzey üstte kalacak şekilde püskürtülmüştür. Toz kaplama yapılan numuneler, yüzeye tutunmayı ve yapının stabilitesini sağlamak amacıyla 60 °C'de 30 dakika süreyle etüv fırınında ısıtılmış; ardından oda sıcaklığında 24 saat dinlendirilerek kurutulmuştur.

Kompozit Plaka Üretim Süreci

Karbon tozu katkılı kompozit plaka üretimi, etüvden çıkarılan numune kullanılarak hazırlandı. Çalışmanın ilk aşamasında yalnızca karbon kumaş takviyeli epoksi prepreg malzemeler kullanılarak vakum infüzyon yöntemi ile saf plaka üretilmiş; sonrasında ise yüzeyi karbon tozu ile kaplanmış prepreg tabakalar kullanılarak karbon tozu katkılı kompozit plaka üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Üretilen Saf Plaka ve Yüzeyi Karbon Tozu İle Kaplanmış Kompozit Plaka

Kompozit Numunelerin Karakterizasyon Tayini

Numunelerin (saf plaka, karbon tozu katkılı plaka) mekanik özelliklerini tespit etmek için çekme testi uygulanmıştır. Çekme testleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarı (KITAM) bünyesindeki INSTRON 5982 model (100 kN kapasiteli) cihazla, ASTM D3039 standardına uygun şekilde ve 1 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Test Bilgileri

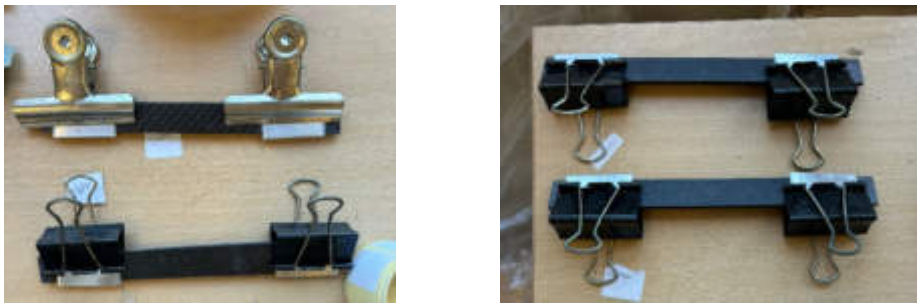
Test	**Test yönü**	**Numune ölçüleri**	**Numune tekrarı**	**Kat**	**Test standartları**
Çekme testi	45°	20mm(w)x200mm(l)	2	10	ASTM D-3039

Numunelere çekme testi uygulanmadan önce kalınlık ve en ölçümleri, kumpas ve mikrometre cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler Karbon1, Karbon2, Saf1 ve Saf2 olarak numaralandırılmıştır. Ölçüm değerleri, çekme testi sonuçlarının doğru bir şekilde belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Tablo 4. Deney Numunesi Ölçüm Değerleri

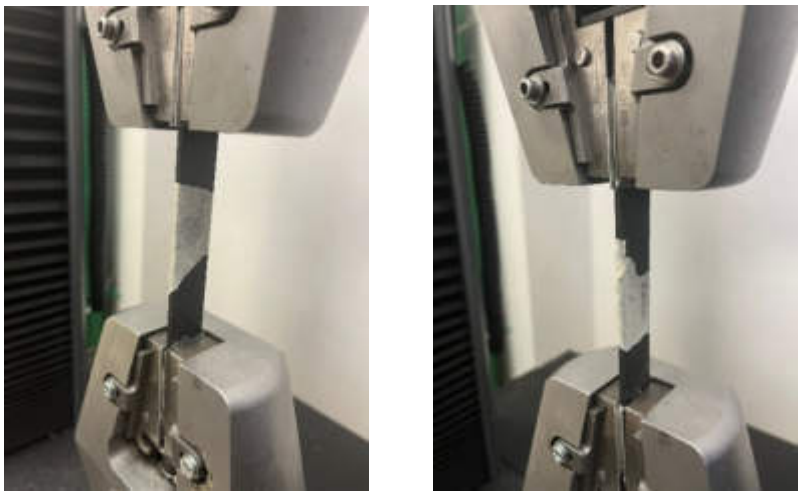
Deney Numuneleri	En	Boy	Kalınlık
Saf1	2,009	19,99	2,849
Saf2	2,025	20	2,87
Karbon1	2,004	20	3,01
Karbon2	2,008	20	3,03

Her plakadan 2 adet olmak üzere, 20×2 cm boyutlarında ve 45° yönünde numuneler sulu kesme makinesiyle hazırlanmıştır. Kesim sonrası uçları zımparalanmış ve her iki uca Araldite 2011 yapıştırıcısı ile alüminyum tabakalar yapıştırılarak kürlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Alüminyum Tabakalara Yapışan Çekme Testi Numuneleri

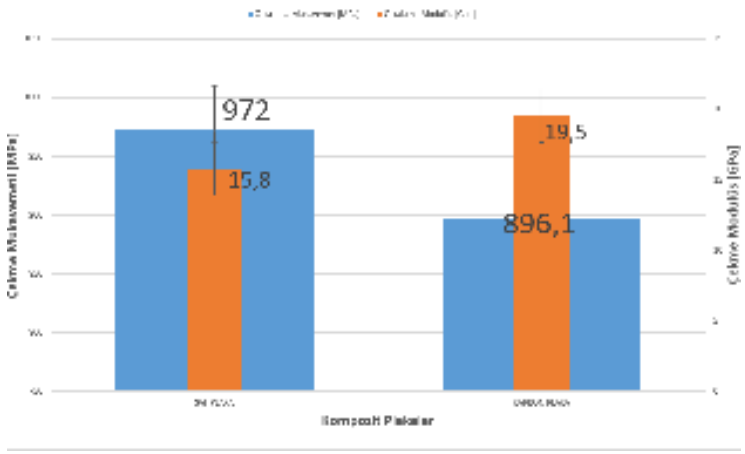
Çekme testi cihazına yerleştirilen numunelerin en, boy ve kalınlık değerleri kumpas yardımıyla ölçülerek sisteme girilmiştir. Numuneler daha sonra tutucu uçlara yerleştirilip sabitlenmiş ve testler gerçekleştirilmiştir. Cihaz, numuneyi sabit hızla çekerken uygulanan kuvvet ve malzemenin uzamasını kaydetmiştir. Test, malzeme kopana kadar devam etmiş; sonrasında tüm ölçümler alınarak ortalama değerler belirlenmiş ve sonuçlar kaydedilmiştir.



Şekil 5. Çekme Testine Yerleştirilen Karbon Plaka Numuneleri

BULGULAR

Çekme testi sonuçlarının grafikleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Çekme testi sonuçları düzenlenip gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra, grafikler aracılığıyla çekme dayanımı (MPa) ve çekme modülüsü (GPa) değerleri hesaplanmıştır. Numunelerin ortalama modül ve ortalama kuvvet değerleri belirlenmiş ve grafikte birleştirilerek sunulmuştur.



Şekil 6. Kompozit Numunelerin Çekme Dayanım Performansı Grafiği

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, uçak parçalarında kullanılmak üzere karbon elyaf takviyeli ve karbon tozu katkılı kompozit malzemeler vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiş, ardından 45° elyaf yönelimi ile sıcak pres tekniği uygulanmıştır. Saf plaka ve karbon katkılı plakalardan oluşan farklı kompozit yapılar hazırlanmış ve çekme testleri ile mekanik performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, katkı türü ve üretim parametrelerine bağlı olarak kompozitlerin farklı mekanik davranışlar sergilediğini göstermiştir.

Çekme testleri sonucunda, alüminyum tozu katkılı kompozit plakaların özellikle rijitlik açısından belirgin bir iyileşme sağladığı tespit edilmiştir. Saf plakada 15,8 GPa olarak ölçülen çekme modülü, alüminyum katkısı ile 19,5 GPa'ya yükselmiş ve malzemenin daha sert ve dayanıklı bir yapıya kavuştuğu görülmüştür. Çekme mukavemetinde sınırlı bir düşüş gözlemlense de (972 MPa'dan 896,1 MPa'a), karbon takviyesinin yapısal bütünlüğü büyük ölçüde koruduğunu göstermektedir. Bu sonuç, karbon katkısının kompozit malzemeye özellikle rijitlik ve elastik davranış açısından önemli avantajlar sağladığını göstermektedir. Daha yüksek çekme modülü, malzemenin deformasyona karşı direncini artırarak uzun vadeli kullanımda boyutsal kararlılığı güçlendirmektedir. Dolayısıyla karbon katkılı plaka, yüksek rijitlik, dayanıklılık ve mühendislik uygulamalarında alternatif malzeme olarak kullanılabilmektedir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma BAP11-2024-5380 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmadi, M., & Nugroho, Y. S. (2020). Effect of carbon black on the mechanical properties of polymer composites. Journal of Composite Materials, 54(18), 2421–2435.

Alar Öner, B. (2022). Atık lastiklerden elde edilen karbon siyahı nanoparçacıklarıyla hazırlanan epoksi kompozitler. Polimer Bilimleri Dergisi, 34(2), 55–66.

Kim, S., Lee, J., & Park, H. (2020). Fatigue performance of carbon black reinforced CFRP composites. Materials & Design, 187, 108405.

Ma, P. C., Siddiqui, N. A., Marom, G., & Kim, J. K. (2002). Dispersion and functionalization of carbon nanotubes in polymers. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 33(6), 869–876.

Selçuk Üniversitesi. (2019). EPDM-Karbon Siyahı Hibrit Kompozitleri Üzerine Mekanik Özellikler. Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Sharma, R., & Gupta, N. (2021). Enhanced thermal conductivity of carbon black/carbon fiber reinforced composites. Journal of Materials Research and Technology, 10, 1442–1452.

Wang, J., Li, H., & Sun, Y. (2018). Improvement of delamination resistance in CFRP by carbon black modified epoxy matrix. Composite Structures, 192, 230–238.

Zhou, Y., Pötschke, P., & Mai, Y. W. (2014). Electrically conductive polymer composites and their applications. Polymer Reviews, 54(2), 268–347.

ALUMİNYUM TOZU/KARBON ELYAF/EPOKSİ REÇİNE KAYKILI YENİ BİR KOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ

Aleyna NUR PEKER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0000-9383-4861

Rümeysa ATEŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0005-6494-3766

Nida Nur BOZKURT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0002-2040-6641

Prof. Dr. Özgür DEMİRCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8235-3966

ÖZET

Günümüzde, havacılık endüstrisi giderek daha hafif, daha dayanıklı ve daha verimli malzemeler arayışındadır. Bundan dolayı, karbon elyaf takviyeli kompozit malzemeler havacılık endüstrisinde her geçen gün daha çok tercih edilmektedir. Ama bu malzemelerin, termal ortamlarda uzun süreli performansı bir endişe kaynağı oluşturmaktadır. Alüminyum tozunun hafifliği ve korozyon direncinden dolay bu çalışmada karbon fiber takviyeli epoksi matriksli kompozit malzemede ikincil bir takviye elemanı olarak kullanılacaktır. Bu sayede, alüminyum tozunun kompozite ilave edilmesi ile hem mekanik hem de termal özellikler optimize edilecektir.

Gelişen dünyamızda ve ülkemizdeki kompozit malzeme ihtiyacına talep her geçen gün artıyor. Bu artışla birlikte kompozit malzeme imalatı da hızla yükseliyor. Bu araştırmada kompozit malzemelerin çekme özelliklerini iyileştirmek için alüminyum tozu kullanılarak yeni bir kompozit malzeme geliştirilmiştir.

Araştırmalarda karbon elyaf takviyeli/epoksi reçineli kompozit levhanın çekme mukavemeti değeri 600 MPa olarak ölçülmüştür. Yapılacak olan projede karbon/alüminyum tozu katkılı karbon fiber takviyeli kompozitin çekme mukavemetinin 720±50 MPa olması hedeflenmektedir.

Bu amaçla, alüminyum tozu malzemelerin bilyalı öğütücüde öğütülmüştür. Daha sonra taramalı elektron mikroskobu kullanılarak alüminyum tozlarının boyutlarının küçültüldüğü görülmüştür. Alüminyum tozu ve etanol karışımı solüsyonu manyetik karıştırıcı, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizatör kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilen solüsyon, karbon elyaf/PP prepreg üzerine sprey cihazı ile püskürtülerek prepreg yüzeyinin kaplanması sağlanmıştır. Karbon kumaş/epoksi reçineli prepreg yüzeyi alüminyum tozu ile kaplanıp sıcak pres yöntemiyle kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen plakalardaki alüminyum ağırlık oranı %2'dir.

Üretilen kompozit numunelerin lif hacim oranlarını tespit etmek için ASTM D3171–99 standardına uygun olacak şekilde yakma testi uygulanmıştır. Çekme testleri, Ondokuz mayıs Üniversitesi (OMÜ) Merkez Laboratuvarı (KITAM) bünyesindeki INSTRON 5982 model (100 kN kapasiteli) cihazla, ASTM D3039 standardına uygun şekilde ve 1 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir.
Saf ve alüminyum tozu katkılı kompozitlerin mekanik performansları karşılaştırıldığında, alüminyum tozu katkısının özellikle çekme modülüsünü 15,8 GPa dan 22,2 GPa ya çıkardığı görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Uçaklar, karbon elyaf, epoksi reçine, aluminyum tozu, termoset kompozit, çekme özellikleri.

DEVELOPMENT OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH ALUMINIUM POWDER AND EPOXY MATRIX

ABSTRACT
Today, the aerospace industry is increasingly seeking lighter, more durable, and more efficient materials. Therefore, carbon fiber-reinforced composite materials are increasingly preferred in the aerospace industry. However, the long-term performance of these materials in thermal environments remains a concern. Due to the high strength and low weight of aluminium powder, it will be used as a secondary reinforcement element in the carbon fiber-reinforced epoxy matrix composite material in this study. Thus, the addition of aluminium powder to the composite will optimize both mechanical and thermal properties.
The demand for composite materials in our developing world and our country is increasing day by day. With this increase, the manufacturing of composite materials is also increasing rapidly. In this research, a new composite material has been developed using aluminum powder to improve the tensile properties of composite materials.
The previous research showed that the tensile strength of a carbon fiber-reinforced/epoxy resin composite panel as 600 MPa. This study aims to achieve a tensile strength of 720±50 MPa for a carbon fiber-reinforced composite with aluminum powder additives.
For this purpose, aluminum powder materials were ground in a ball mill. Scanning electron microscopy subsequently demonstrated that the aluminum powder had reduced in size. A solution of aluminum and ethanol was prepared using a magnetic stirrer, ultrasonic bath, and ultrasonic homogenizer. The resulting solution was sprayed onto the carbon fiber/PP prepreg using a spray device to coat the prepreg surface. The carbon fabric/epoxy resin prepreg surface was coated with aluminum powder, and the composite materials were produced using the hot-pressing method. The aluminum content in the produced plates was 2% by weight. Burn-in tests were conducted to determine the fiber volume fractions of the composite samples in accordance with ASTM D3171–99. Tensile tests were carried out with the INSTRON 5982 model (100 kN capacity) device within the Ondokuz Mayıs University (OMU) Central Laboratory (KITAM), in accordance with the ASTM D3039 standard and at a speed of 1 mm/min. When the mechanical performances of pure and aluminum powder added composites were compared, it was seen that aluminum powder added especially increased the tensile modulus from 15.8 GPa to 22.2 GPa.
Keywords: Aircrafts, carbon fiber, epoxy resin, aluminium powder, thermoset composite, tensile properties.

GİRİŞ

Havacılık sektörü 21. yüzyılda gelişmekte ve ilerlemekte olan dünyamızın en önemli ekonomik, stratejik ve hayati sektörlerinden biridir. Artan tüketimler ve ihtiyaçlar doğrultusunda havacılık sektörünün dünyadaki yeri her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu kadar önem kazanmış olan bir sektörde uçaklar için yapı malzemeleri ve kullanılan mekanik malzemelerde daha yenilikçi malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda kompozit malzemeler, günümüz mühendisliğinde artan performans ve verimlilik ihtiyaçlarını karşılamak için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Farklı fazların birleşimiyle oluşan bu malzemeler, tek bir malzemenin sağlayamayacağı üstün mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikler sunmaktadır. Hafiflik, yüksek dayanım ve korozyon direnci gibi avantajlarıyla birçok sektörde tercih edilmektedir. Havacılıkta, uçakların daha hafif, güçlü ve verimli olması için yenilikçi malzeme çözümlerine ihtiyaç vardır.

Karbon elyaf takviyeli kompozitler, yüksek dayanım ve düşük yoğunluk gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. Karbon liflerin elastik modülü ve yorulma direnci, polimer matrislerin hafifliği ve iyi yapışma özelliğiyle birleşerek bu malzemelerin yapısal parçalarda kullanımını mümkün kılmaktadır. Karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) malzemeler, havacılık ve uzay uygulamalarında yüksek performans gerektiren yapılar için giderek daha fazla tercih edilmektedir. CFRP, karbon fiberlerin yüksek çekme dayanımı ve sertliği ile polimer matrisin esnekliğini birleştirerek, alüminyum veya çelik alaşımlara kıyasla çok daha hafif ama güçlü yapılar sunar. Ayrıca, CFRP'nin yorulma ve korozyon direnci metallerden yüksektir, bu da uçak gövdesi ve kanat gibi kritik parçalarda bakım ihtiyacını azaltır (Mrazova, 2013; INCAS Bulletin, 2013).

Hexcel ve Blackhawk Composites gibi lider şirketler, karbon fiber takviyeli kompozitler kullanarak uçak yapılarında ağırlık azaltımı, yorulma direnci ve bakım kolaylığı sağlamaktadır. Boeing 787 ve Airbus A350XWB'de gövde yapısının %50'den fazlası CFRP'den oluşmaktadır ve bu malzemeler alüminyumun aksine yüksek dayanım ile hafifliği bir arada sunmaktadır. 1980'li yıllarda geliştirilen Boeing 757 model uçaklarda kompozit malzemelerin toplam yapıdaki oranı %10'un altında iken, günümüzde ileri düzeyde kompozit kullanımına sahip Boeing 787 model yolcu uçaklarında bu oran %51'e kadar yükselmiştir. CFRP kullanımı, uçak yapısının ağırlığını azaltmakta, yakıt verimliliğini artırmakta ve korozyon direncini iyileştirmektedir. Öte yandan, alüminyum malzemeler, montaj kolaylığı ve darbe altında sünek davranışları nedeniyle özellikle iniş takımı gibi yüksek gerilime maruz kalan bileşenlerde kullanılmaktadır. Bu hibrit malzeme stratejisi, daha hafif, daha dayanıklı ve uzun ömürlü bir tasarım sağlamaktadır.

Alüminyum esaslı partiküllerin bilyalı değirmende öğütülmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmalar, partikül boyutundaki küçülmenin ve morfolojideki iyileşmenin kompozit malzemelerin yoğunluk ve mekanik özellikleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Öğütme süresinin uzatılmasıyla daha küçük, düzgün ve homojen partiküller elde edilmekte, bu partiküller epoksi matris içerisinde daha dengeli dağılmaktadır. Bu durum, kompozit malzemede çekme ve basma dayanımının artmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, partikül yuvarlaklığının artması matris ile partikül arasındaki bağlanmayı güçlendirerek yük transfer mekanizmasını daha verimli hale getirmektedir (Kong et al., 2023).

Epoksi matrisine farklı nano veya partikül dolguların eklenmesi üzerine yapılan araştırmalar, kullanılan dolgu türünün (metal, seramik ya da oksit) malzemenin mekanik özellikleri üzerinde farklı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle Al_2O_3 ve SiC nanodolduruculuların katkı sağladığı CFRP örneklerinde, çekme dayanımında önemli gelişmeler elde edilmiştir.

Metal esaslı dolgular sertliği ve yük taşıma kapasitesini artırırken, seramik dolgular yüksek sıcaklık koşullarında malzemenin stabilitesini korumasına yardımcı olmaktadır. Dolgu tipinin matrisle uyumlu seçilmesi, yalnızca mekanik dayanımı artırmakla kalmamakta, aynı zamanda malzemenin uzun vadeli güvenilirliğini de iyileştirmektedir (Shahabaz et al., 2023).

Yapılan çalışmalara göre alüminyum-karbon fiber kompozitleri, hafif ve dayanıklı malzeme üretmek amacıyla geliştirilmiştir. Alüminyum matrisi, düşük yoğunluğu ve yüksek ısı ile elektrik iletkenliği sayesinde kompozite hafiflik kazandırırken, karbon fiber takviyesi malzemenin çekme dayanımı ve sertliğini artırmaktadır. Ball milling yöntemiyle homojen karışım sağlandıktan sonra kompaksiyon ve sinterleme işlemleri uygulanmış; XRD, SEM ve EDX analizleri ile mikro yapının homojenliği ve fiberlerin matrise iyi bağlandığı doğrulanmıştır. Testler sonucunda karbon fiber oranı arttıkça yoğunluğun azaldığı, sertliğin ise yükseldiği belirlenmiştir. Bu özellikler, alüminyum-karbon fiber kompozitlerini havacılık ve otomotiv gibi yüksek performans gerektiren endüstriyel uygulamalar için uygun hale getirmektedir (Chaurasiya & Pal, 2023).

Benzer şekilde, cam elyaf ile güçlendirilmiş polyester kompozitlerin mekanik özelliklerinin alüminyum tozu katkısıyla geliştirilebildiği gösterilmiştir. Farklı alüminyum tozu oranlarının, çekme dayanımı, eğilme mukavemeti ve darbe direnci üzerinde pozitif etkiler yarattığı görülmektedir. Özellikle daha küçük ve düzgün şekilli alüminyum parçacıkları matris içinde homojen dağılım göstererek matris-elyaf bağını güçlendirmekte ve malzemenin dayanıklılığını artırmaktadır. Bu durum, yalnızca mukavemet açısından değil, aynı zamanda darbe ve eğilme direnci bakımından da yüksek performanslı mühendislik uygulamalarına olanak tanımaktadır (Güneş, 2021).

CFRP katkısı, alüminyum alaşımlı gövde malzemelerinde ağırlığı azaltarak yakıt tüketimini düşürür ve sera gazı emisyonlarını minimize eder. Monte Carlo örnekleme yöntemiyle yapılan analizler, karbon fiber üretimindeki enerji yoğunluğunun çevresel etkiler açısından kritik olduğunu göstermektedir. Boeing B737-800 gövdesinde AlMg3 yerine CFRP kullanılması, filo çapında yaklaşık 81.000 ton CO_2 eşdeğeri azaltım sağlayabilir (Khalil, 2017). Benzer şekilde, F-16 savaş uçağında alüminyum alaşımlı parçaların CFRP ile değiştirilmesine yönelik çalışmalarda %33,37 oranında ağırlık azalması sağlanmış, gerilme ve deformasyon değerlerinde belirgin iyileşmeler gözlemlenmiştir (Öztürk & Aydın, 2023).

Türkiye'de ise alüminyum tozu katkılı karbon elyaf takviyeli epoksi reçineli kompozitler üzerine yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu tür çalışmalarda amaç, alüminyum tozlarının bilyalı öğütücü ile işlenerek daha homojen bir yapıya dönüştürülmesi ve epoksi matrisine katılarak çekme dayanımı başta olmak üzere mekanik özelliklerin geliştirilmesidir. Böylece hem havacılık hem de diğer mühendislik alanları için daha hafif, dayanıklı ve yüksek performanslı kompozitler geliştirilmesi hedeflenmektedir

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

Yapılan çalışmada matris malzemesi olarak kullanılacak epoksi prepreg reçine sistemi, SPM firmasından tedarik edilmiştir. SPM CFD 300 BX kodlu bu sistem, oda sıcaklığında en az 60 gün boyunca iyi yapışma (tack) ve şekil alma (drape) özellikleri sunmaktadır ve değişken sıcaklıklarda kürlenebilme özelliğine sahip olup 120 °C'de kürleme gerçekleştirebilmektedir. Düşük viskozite ve yüksek akışkanlık özellikleri sayesinde farklı üretim yöntemlerine uygunluk gösteren reçinenin temel teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. VPH BTP H300 Kodlu SPM CFD 300 BX Prepreg Sistemi

SPM kumaş tanımı	**g/ m²**	**Yapı**	**0° g/m²**	**-45° g/m²**	**45° g/m²**	**90° g/m²**	**Dikiş g/m²**	**Elyaf**
SPM CFD 300 BX	305	-45° /+45°	-	150	150	-	5	12K

Kompozit üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılan alüminyum tozu tedarikçi firma tarafından temin edilmiştir. Tozların homojen karışmasını sağlamak amacıyla Isolab marka %99,99 saflıkta ethanol kullanılmıştır. Kompozit üretiminde kullanılacak malzemelerin yüzey temizliği için %99,99 saflığa sahip Isolab marka aseton tercih edilmiştir.

Kompozit Numunedeki Alüminyum Tozlarının Tanecik Boyutunun Küçülmesi

Kompozit malzemeye takviye malzemesi olarak katılacak alüminyum tozları, OMÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarında bulunan bilyalı öğütme makinesiyle öğütülmüştür. Cihaz içerisinde iki hazne barındırmakta ve bu haznenin içerisine malzemeler yerleştirilerek öğütülmektedir. Cihaz içerisine yerleştirilmiş olan alüminyum tozları için hazneler 350 devir/dk hızında, 30 dakika çalışma ve 25 dakika dinlenme döngüsüyle çalıştırılarak toz haline getirilmiştir.

Vakum İnfüzyon Yöntemiyle Saf Kompozit Plaka Üretimi

30 × 30 cm boyutlarında 10 prepreg tabaka, karbon kumaş takviyesi ile hazırlanarak metal plaka üzerine simetrik biçimde yerleştirilmiştir. Tabakaların üst ve alt yüzeyleri naylon örtü ile kaplanmış, battaniye ile sarılmış ve vakum poşeti sızdırmazlık bandı ile sabitlenmiştir. Prepreg yönlendirmesinde rulodaki dikey çizgiler 0° referans alınmış ve tabakalar üst yüzeyi kırmızı, alt yüzeyi mavi olacak şekilde simetrik olarak yerleştirilmiştir (Şekil 1).

(a) (b) (c) (d)

Şekil 1. Vakum Infüzyon Yöntemi ile Plaka Üretimi. (a) Vakum Infüzyon Sıyırıcı Kumaş, (b) Battaniye (c) Sızdırmazlık Bandı (d) Vakum Naylonu

Vakum infüzyon işlemi ile sistemden hava uzaklaştırılmış ve vakum pompası çalıştırılarak ortam kararlı hâle getirilmiştir. Numuneler ardından sıcak pres makinesine alınmış, 4 ton basınç altında önce 90 °C'de 30 dakika bekletilmiş, daha sonra 120 °C'ye 2 °C/dak artışla çıkarılmış ve 120 dakika boyunca sabit sıcaklıkta tutulmuştur. İşlem, prepregin tam kürlenmesini ve kompozit yapının sertleşmesini sağlamış, numuneler 1 gün boyunca basınç altında kapalı ortamda bekletilmiştir ve saf plaka elde edilmiştir.

Alüminyum Tozlarının Homojen Olarak Karıştırılması

Ara yüzey iyileştirme çalışmaları kapsamında alüminyum tozları içeren süspansiyon hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonun bileşimi ve özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Alüminyum Tozlarının Ara Yüzey İyileştirme Denemelerinde Hazırlanmış Olan Süspansiyonu

Toz alümünyum ağırlıkça yüzdesi (%)	**Saf plaka ağırlıkça yüzdesi (%)**
0	100
2	98

İlk olarak %100 saf kompozit plaka üretilmiş, ardından bu plakalara saf plakanın ağırlıkça %2 oranında, bilyalı öğütücüde öğütülen alüminyum tozları eklenerek süspansiyon oluşturulmuştur. Hazırlanan karışım, 15 dakika mekanik karıştırıcı ile işlendikten sonra, sırasıyla 15'er dakikalık periyotlarla ultrasonik banyo, ultrasonik homojenizatör, tekrar ultrasonik banyo ve son olarak bir kez daha ultrasonik homojenizatör kullanılarak karıştırılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Mekanik Karıştırıcı, Ultrasonik Banyo Ve Ultrasonik Homojenizatör

Kompozit Plaka Üretiminde Kullanılacak Alüminyum Tozlarının Karbon Kumaş Takviyeli ve Epoksi Reçineli Malzeme (Prepreğin) Kaplanması İşlemi

Karbon kumaş takviyeli epoksi reçineli prepreg malzemeler, üretim öncesinde derin dondurucudan çıkarılarak oda sıcaklığında kısa süre bekletilmiş ve işlemeye hazır hâle getirilmiştir. Hazırlanan alüminyum tozu karışımı, sprey yöntemi ile prepreg tabakaların her iki yüzeyine homojen biçimde uygulanmış ve tabaka yönlendirmesi dikkate alınarak kırmızı yüzey üstte kalacak şekilde püskürtülmüştür. Toz kaplama yapılan numuneler, yüzeye tutunmayı ve yapının stabilitesini sağlamak amacıyla 60 °C'de 30 dakika süreyle etüv fırınında ısıtılmış; ardından oda sıcaklığında 24 saat dinlendirilerek kurutulmuştur.

Kompozit Plaka Üretim Süreci

Alüminyum tozu katkılı kompozit plaka üretimi, etüvden çıkarılan numune kullanılarak hazırlandı. Çalışmanın ilk aşamasında yalnızca karbon kumaş takviyeli epoksi prepreg malzemeler kullanılarak vakum infüzyon yöntemi ile saf plaka üretilmiş; sonrasında ise yüzeyi alüminyum tozu ile kaplanmış prepreg tabakalar kullanılarak alüminyum tozu katkılı kompozit plaka üretilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3. Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Üretilen Saf Plaka Ve Yüzeyi Alüminyum Tozu İle Kaplanmış Kompozit Plaka

Kompozit Numunelerin Karakterizasyon Tayini

Numunelerin (saf plaka, al tozu katkılı plaka) mekanik özelliklerini tespit etmek için çekme testi uygulanmıştır. Çekme testleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarı (KITAM) bünyesindeki INSTRON 5982 model (100 kN kapasiteli) cihazla, ASTM D3039 standardına uygun şekilde ve 1 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Karbon elyaf takviyeli kompozitlerin test bilgileri

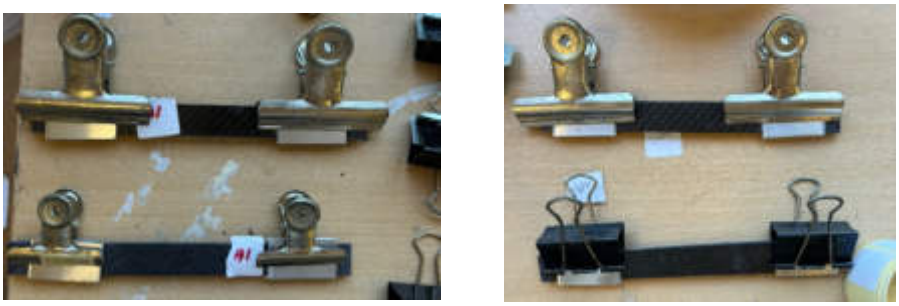
Test	Test yönü	Numune ölçüleri	Numune tekrarı	Kat	Test standartları
Çekme testi	45°	20mm(w)x200mm(l)	2	10	ASTM D-3039

Numunelere çekme testi uygulanmadan önce kalınlık ve en ölçümleri, kumpas ve mikrometre cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler Al1, Al2, Saf1 ve Saf2 olarak numaralandırılmıştır. Ölçüm değerleri, çekme testi sonuçlarının doğru bir şekilde belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Tablo 4. Deney Numunesi Ölçüm Değerleri

Deney Numuneleri	En	Boy	Kalınlık
Saf1	2,01	19,99	2,85
Saf2	2,02	20,00	2,87
Al1	2,00	19,99	2,82
Al2	2,01	19,98	3,01

Her plakadan 2 adet olmak üzere, 20×2 cm boyutlarında numuneler sulu kesme makinesiyle hazırlanmıştır. Kesim sonrası uçları zımparalanmış ve her iki uca Araldite 2011 yapıştırıcısı ile alüminyum tabakalar yapıştırılarak kürlenmiştir (Şekil 4).



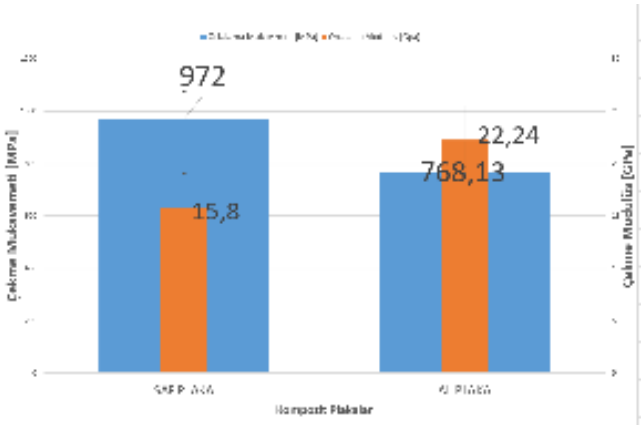
Şekil 4. Alüminyum Tabakalara Yapışan Çekme Testi Numuneleri

Çekme testi cihazına yerleştirilen numunelerin en, boy ve kalınlık değerleri kumpas yardımıyla ölçülerek sisteme girilmiştir. Numuneler daha sonra tutucu uçlara yerleştirilip sabitlenmiş ve testler gerçekleştirilmiştir. Cihaz, numuneyi sabit hızla çekerken uygulanan kuvvet ve malzemenin uzamasını kaydetmiştir. Test, malzeme kopana kadar devam etmiş; sonrasında tüm ölçümler alınarak ortalama değerler belirlenmiş ve sonuçlar kaydedilmiştir (Şekil 5).

Şekil 5. Çekme Testine Yerleştirilen Alüminyum Plaka Numuneleri

BULGULAR

Çekme testi sonuçlarının grafikleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Çekme testi sonuçları düzenlenip gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra, grafikler aracılığıyla çekme dayanımı (MPa) ve çekme modülüsü (GPa) değerleri hesaplanmıştır. Numunelerin ortalama modül ve ortalama kuvvet değerleri belirlenmiş ve grafikte birleştirilerek sunulmuştur.



Şekil 6. Kompozit Numunelerin Çekme Dayanım Performansı Grafiği

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, uçak parçalarında kullanılmak üzere karbon elyaf takviyeli ve alüminyum tozu katkılı kompozit malzemeler vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiş, ardından 45° elyaf yönelimi ile sıcak pres tekniği uygulanmıştır. Saf plaka ve alüminyum katkılı plakalardan oluşan farklı kompozit yapılar hazırlanmış ve çekme testleri ile mekanik performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, katkı türü ve üretim parametrelerine bağlı olarak kompozitlerin farklı mekanik davranışlar sergilediğini göstermiştir. Çekme testleri sonucunda, alüminyum tozu katkılı kompozit plakaların özellikle rijitlik açısından belirgin bir iyileşme sağladığı tespit edilmiştir. Saf plakada 15,8 GPa olarak ölçülen çekme modülü, alüminyum katkısı ile 22,24 GPa'ya yükselmiş ve malzemenin daha sert ve dayanıklı bir yapıya kavuştuğu görülmüştür. Çekme mukavemetinde sınırlı bir düşüş gözlemlense de (972 MPa'dan 768,13 MPa'a), rijitlikte elde edilen artış, alüminyum katkılı kompozitlerin yapısal uygulamalarda daha güvenilir performans sergileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, alüminyum tozu katkısının kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini geliştirmede etkili ve uygulanabilir bir yöntem olduğunu göstermektedir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma BAP11-2024-5380 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Chaurasiya, R., & Pal, S. K. (2023). Fabrication and characterization of aluminum–carbon fiber composites. *Materials Research Express*, 10(6), 065702.

Güneş, D. (2021). Alüminyum tozu katkılı cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(3), 785–794.

INCAS Bulletin. (2013). Advanced composite applications in aerospace. *INCAS Bulletin,* 5(3), 131–150.

Khalil, Y. F. (2017). Uncertainty analysis of CFRP applications in aircraft structures: Environmental and mechanical impacts. *Journal of Cleaner Production,* 149, 117–126.

Kong, Y., Li, H., Zhang, X., & Liu, W. (2023). Effect of ball milling on morphology and mechanical properties of aluminum-based composites. *Journal of Composite Materials*, 57(10), 1245–1257.

Mrazova, M. (2013). Advanced composite materials of the future in aerospace industry. *INCAS Bulletin*, 5(3), 139–150.

Öztürk, M., & Aydın, H. (2023). Comparative analysis of aluminum alloy and CFRP components in military aircraft applications. *Journal of Aerospace Engineering and Mechanics*, 35(2), 201–212.

Shahabaz, S. M., Khan, A., & Prasad, R. (2023). Influence of nanoparticle fillers on mechanical performance of CFRP composites. *Materials Today: Proceedings*, 80, 2125–2132.

AGROTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF LOCAL FORAGE PLANTS FOR SUSTAINABLE ANIMAL FEED DEVELOPMENT

Risyawati Mohamed Ismail
Food Security, Innovation and Development Research Center (FInDER), School of Technology Management & Logistics, Universiti Utara Malaysia

Abstract
In light of Malaysia's escalating dependence on imported livestock feed and the urgent need for climate-resilient, resource-efficient agricultural systems, this study investigates the feasibility of using four locally available plant species—Sorghum, Indigofera, Stylosanthes, and Napier Grass—as sustainable alternatives in animal nutrition. Employing a qualitative research design, data were gathered through structured interviews with livestock breeders in Selangor and analyzed using thematic analysis. The findings reveal that these plant species offer multiple agrotechnological advantages, including high protein content, digestibility, adaptability to tropical climates, and nitrogen-fixation capabilities. Respondents highlighted the nutritional adequacy and cost-effectiveness of these plants, while also identifying challenges such as supply chain limitations, variability in cultivation costs, and the need for greater awareness and extension services. Importantly, the study demonstrates how integrating local forage into feed systems contributes to environmental sustainability by reducing reliance on imported grains, lowering production costs, and supporting circular agricultural practices. The study concludes by emphasizing the need for structured R&D, inter-agency collaboration, and policy incentives to scale the adoption of local feed crops, thereby reinforcing Malaysia's pathway toward sustainable agrotechnology and national feed resilience.
Keywords: Sustainable agrotechnology, livestock feed, alternative crops, local forage, animal nutrition

HACCP IMPLEMENTATION IN MALAYSIAN FOOD MANUFACTURING.

Risyawati Mohamed Ismail
Food Security, Innovation and Development Research Center (FInDER) , School of Technology Management & Logistics, Universiti Utara Malaysia

Nur Aailiaa Raimi Bt Abdull Razak
Food Security, Innovation and Development Research Center (FInDER) , School of Technology Management & Logistics, Universiti Utara Malaysia

Abstract
Ensuring food safety through Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) is vital for Malaysia's food industry to comply with regulations and compete globally. This study applies the Technology Acceptance Model (TAM) to examine organizational and perceptual factors influencing HACCP adoption. Using a convergent mixed-methods design, survey data analyzed with SPSS assessed the roles of top management support, perceived cost, benefits, ease of use, and usefulness, while interviews provided contextual insights. Results show that perceived advantages and system usability drive HACCP acceptance, while cost concerns are not significant barriers. Strong management support further reinforces adoption. These findings highlight the need for effective communication of HACCP benefits, user-friendly system design, and active managerial engagement. For policymakers, streamlining processes and supporting industry implementation will strengthen Malaysia's food safety framework and global competitiveness.
Keywords: HACCP , food manufacturer , food safety , food standards

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC CONDITIONS IN THE LANDS OF THE COASTAL LAGOONS OF ALBANIA

Msc. Gazmir Çela
Department of Meteorology, Institute of Geosciences, Polytechnic University of Tirana
ORCID: 0009-0006-0712-5051

Dr. Anira Gjoni
Department of Meteorology, Institute of Geosciences, Polytechnic University of Tirana
ORCID: 0009-0005-7452-1874

Msc. Indrit Rexhepi
Department of Hydrology, Institute of Geosciences, Polytechnic University of Tirana

ABSTRACT
Albania has a Mediterranean climate, each of which is divided into 13 climatic subzones in a hilly and mountainous territory. Part of the Albanian relief are the Karavasta and Narta lagoons, in the west of the territory as a natural soil area. The lagoon areas of Albania enhance sensitive ecological systems of high importance, where its impact is visible for this view of vegetation and the planning of agricultural activities. This study aims to assess the agroclimatic potential of this territory through the analysis of many years of effective temperatures – such as temperatures above the physiological threshold of various plants (10°C).
The analysis was carried out for the period 1960–2020, including climate data from meteorological stations located in the vicinity of important lagoons such as Karavasta, Narta and Patoku. Annual, seasonal and growing season effective temperature indices were calculated, and their dynamics were analyzed in two reference sub-periods: 1961–1990 and 1991–2020. The results show a high effective temperature in recent decades, with a prolonged impact on the growing season and agro-meteorological heat accumulation.
This view provides a clear overview of agro-climatic changes in the areas and helps in defining adapted strategies for agriculture, taking into account both sensitivity to climate change and the possibilities of developing crops with high thermal requirements.
Keywords: Effective temperature, agroclimatic assessment, Albanian lagoons, Climate Change

INTRODUCTION
In order to properly assess and utilize the country's agricultural assets and resources, to increase yields and improve the quality of agricultural products, it is necessary to know and study in detail the climate regime and the characteristic features of the weather in different areas and sectors of production.(Mandili, 1975). The study of the agricultural climate in Albania is of particular interest for two reasons, firstly, because of its diversity, which depends on the physical-geographical conditions of the country, and secondly, because the study of climatic features from an agricultural point of view of this territory has been little studied.(Mici-K.Plaku, 1963). Nowadays, although during the last 50 years studies have not been lacking, again, if we refer to the lagoon lands of the Myzeqe Plain, studies are still scarce. The Myzeqe Plain is an integral part of the geographical region of the Western Lowland of Albania. This territory constitutes the largest geographical plain region of the country.

As a physical-geographical unit, it extends from the Rock of Kavaja, passes through the foothills of Mallakastra, Berat, the Dumre-Darsisë plateau and the hills of Middle Erzen.(Qiriazi, 2010). The Myzeqe Plain presents almost uniform stratigraphic features, representing a completely plain territory with only three hill ranges in a north-south direction. This Plain is divided into two main parts, the Greater Myzeqe and the Lesser Myzeqe, which are divided to the right and left of the lower Seman River, and the Vlorë Myzeqe to the left of the Vjosa River.(IHM, 1985; Qiriazi, 2010). Lagoons are an important part of the Myzeqe Plain. Coastal lagoons are shallow, semi-enclosed water systems, separated from the sea by sandbars or natural formations, but communicating with it through channels. They are characterized by fluctuations in salinity, shallow depth and high biological productivity, making them important habitats for biodiversity and migratory birds. In addition to their ecological role, lagoons also have economic and scientific values, such as fishing, salt marshes and monitoring of climate change(Kennish, 2015; Kjerfve, 1994). Karavastaja and Narta constitute the two lagoon systems in Myzeqe. These lagoons are among the main lagoons of the country with numerous ecological assets. Previous studies have highlighted that Mediterranean coastal areas are highly vulnerable to climate change, with increasing risks of salinization, droughts and changes in vegetation periods, which directly affect the sustainability of agricultural activities(Giannakopoulos et al., 2009; Lionello, 2012).

DATABASE AND METODOLOGY

This study pertains to the lowland Mediterranean climate zone, specifically the central subzone. Albania's climate consists of four main zones and 13 subzones (Asllan Mici, 1975). Figure No. 1 presents maps of study area.

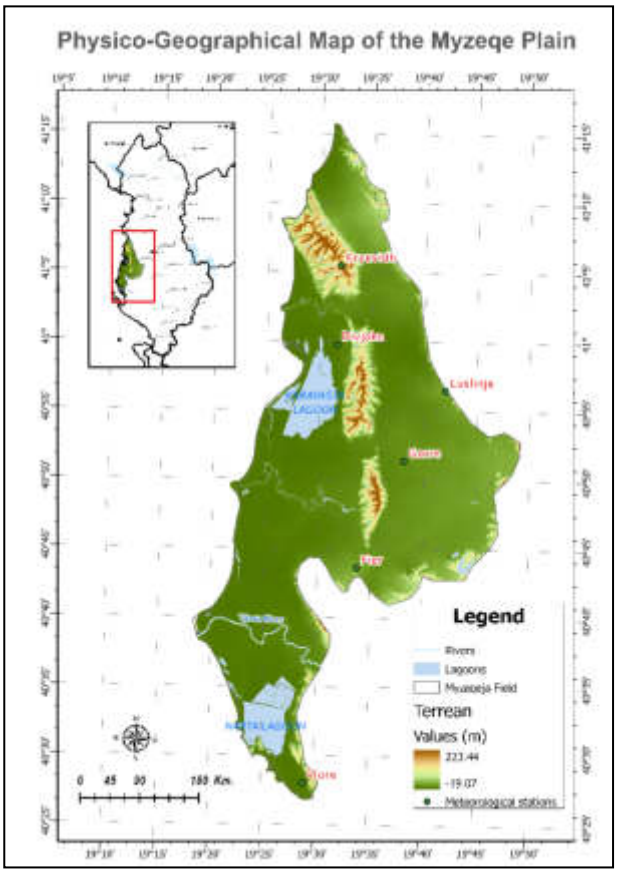


Figure 1: Physico-geographical map of the Myzeqe plain and meteorological stations

The database for this study spans a 60-year period, and the analysis includes six meteorological observation stations, as shown in Figure No. 1. The observed data belong to Albania's National Meteorological Monitoring System. To fill data gaps, the reanalysed dataset from Copernicus ERA5 has been utilized.((C3S), 2023). Based on all scientific techniques for processing meteorological data, such as temperature and precipitation, the correlation between these two data sources is high. The most challenging element in correlating these datasets is precipitation, where this indicator reaches a value of 0.81.(G. Çela, 2024).

This methodology of data processing and harmonization of meteorological series has been used before, being presented in various studies analyzing the situation of precipitation, droughts or even the part of temperature assessment from an agricultural point of view(Çela, 2025; Çela, Laci, et al., 2025; Çela, Papathimiu, et al., 2025).

In this study, the agrometeorological elements of temperature and precipitation will be addressed. The assessment of periods without precipitation, especially in the summer season, is the main indicator for assessing agricultural droughts. This study aims to show how much the duration of the period without precipitation has increased from a period of the first climatic norm 1961-1990 to the second climatic norm 1991-2020.

Regarding the temperature element, this study will present results of the trend of the annual sum of active temperatures above the threshold of 10℃, which is the biological minimum threshold for most agricultural crops in the Mediterranean area(Mandili, 1975; Mici-K.Plaku, 1963). The annual sum of active temperatures is calculated using the formula:

$$AT = \Sigma\ (T_avg, i - T_base), \text{ where } T_avg, i > T_base$$

Where:
- AT: the sum of active temperatures for the given period (e.g., season, year).
- T_avg,i: daily average temperature on day i.
- T_base: base temperature (commonly 10 °C for most crops).
- n: number of days in the calculation period.

Note: If the daily mean temperature is less than or equal to the base temperature, that day does not contribute to the sum of active temperatures.

RESULTS

In terms of climate change, during the second climate norm, an increasing trend is observed with 2 more days without precipitation than in the period 1961-1990(Çela, Laci, et al., 2025). This anomaly is an evident indicator of pronounced meteorological droughts lasting over a month which have consequences on irrigation needs. As for the annual analysis of the multi-year average duration of days without precipitation, these statistics constitute 90.7% of the duration. The Myzeqe Plain, although it is a uniform territory, from a physical-geographical point of view, for specific indicators, appears diverse with micro-climatic diversity(Çela, Laci, et al., 2025). The nature of precipitation with low amounts and local features brings differentiation from one meteorological measurement site to another. This is an important indicator that clearly shows that periods without precipitation are concentrated in the summer season and only less than 10% is extended to the rest of the year(G. Çela, Zorba, P., Gjoni, A., Bardhi, A., 2024)

Active temperatures are one of the fundamental agro-meteorological indicators used to assess the thermal resources available to agricultural activity related to plant growth.

Defined as the sum of daily mean air temperatures exceeding a biological threshold, most commonly 10 °C, they are the first step in estimating the length of the vegetation period(Doorenbos & Kassam, 1979; Olesen & Bindi, 2002). This parameter is particularly important in the regionalization of agricultural climate, as it allows the assessment of the suitability of different phenological and crop processes(Wang, 1960). Numerous studies across Europe and the Mediterranean have shown that changes in active temperature sums are strongly linked to climate variability and long-term temperature trends, affecting both the productivity and distribution of agricultural crops(Moriondo et al., 2011).

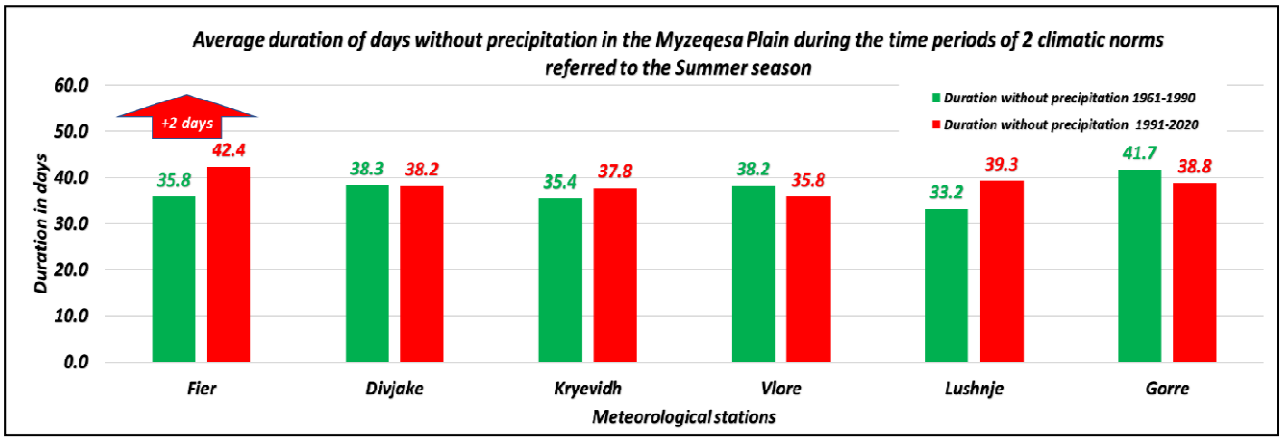


Figure 2-Average uninterrupted duration of days without precipitation in the Meteorological Observation Stations of the Myzeqe Plain, referring to the two climate norms 1961-1990 and 1991-2020

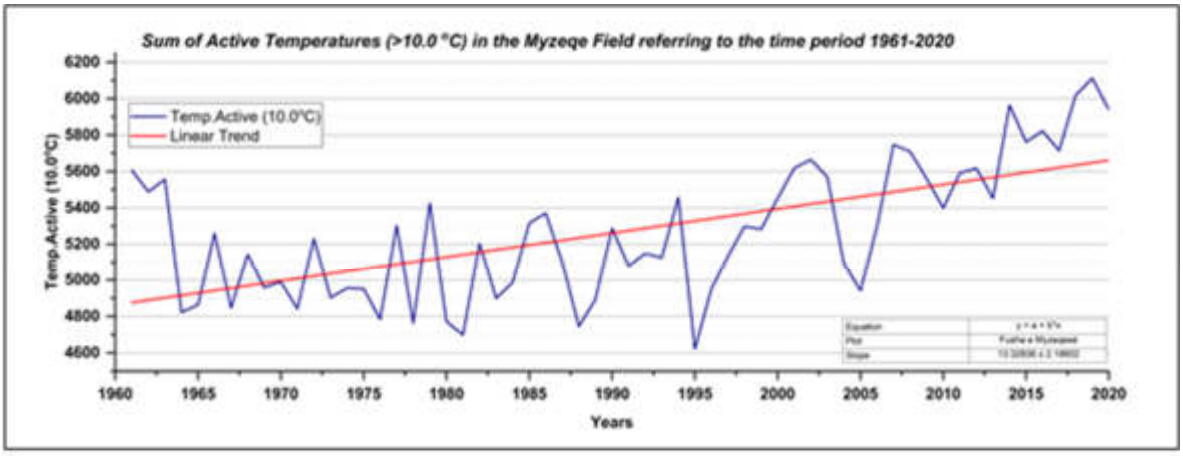


Figure 3-Long-term trend of Active Temperature Sums (>10 °C) in the Myzeqe Field (1961–2020)

Figure No. 3 presents the values of the annual sum of active temperatures in the Myzeqe Plain. The graph presents the progress of the sum of active temperatures above 10 °C in the Myzeqe Plain during the period 1961–2020. It is noted that the values of active temperatures have undergone significant fluctuations from year to year, with the periods of the 1970s and the mid-1990s being distinguished by lower levels compared to the average. However, after the 2000s, a significant increase is observed, reaching the highest maxima in the last decade analyzed.

The linear trend line shows a clear upward trend, with an average addition of about 13 °C each year, which in the time frame of 60 years translates into an increase of over 800 °C. This trend reflects the expansion of the hot period and the intensification of thermal conditions in this territory. In agro-meteorological terms, these changes potentially mean a longer growing season and more favorable conditions for crops with high thermal demands, but at the same time they also increase the risk of thermal stress, higher evaporation and higher irrigation demands. This development is consistent with the general climate warming trends reported for the Mediterranean area, where the increase in active temperatures is seen as one of the main indicators of climate transformations.

Continuing with regard to the geographical distribution of active temperatures and the spatial analysis of this indicator, Figure 4 presents maps of the annual sum of active temperatures above the 10°C threshold for the 60-year period 1961-2020 and, on the other hand, the corresponding anomalies between the 2 climate norms.

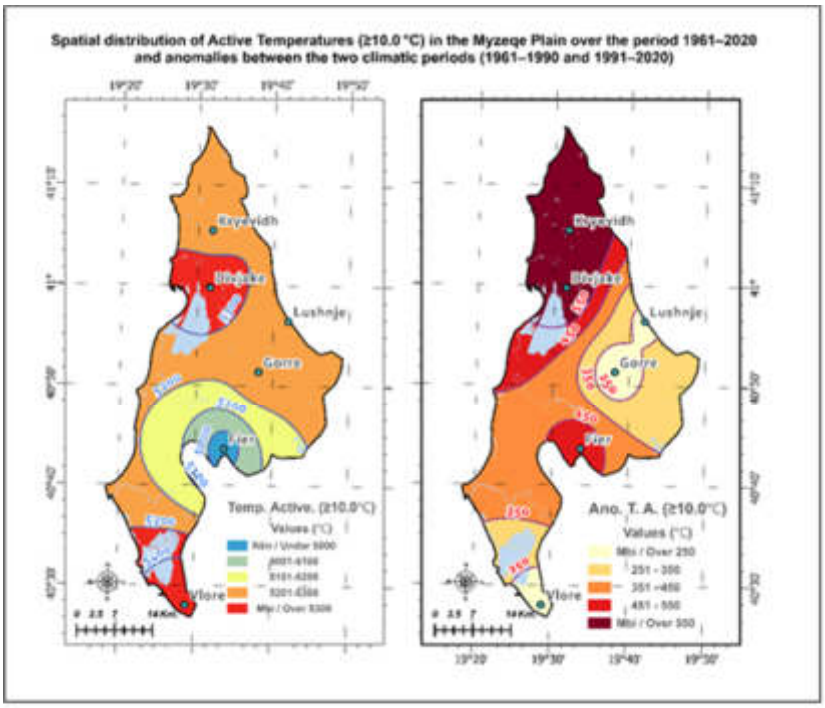


Figure 4-Spatial distribution of Active Temperatures (≥10.0 °C) in the Myzeqe Plain over the period 1961–2020 and anomalies between the two climatic periods (1961–1990 and 1991–2020)

The map on the left shows that the lowest values of active temperatures (<5000 °C) are recorded mainly in the northern parts of the field, such as at the Kryevidh and Divjaka stations, while the highest values (>5300 °C) are recorded in the southern and western areas, near Vlora and Fier. This distribution is directly related to the influence of proximity to the sea and the topographic characteristics of the terrain.

The map on the right, which presents the anomalies, shows a significant increase in active temperatures during the recent period (1991–2020), with deviations that in some areas reach over +550 °C. This increase is more pronounced in the northern and eastern parts of the field (Kryevidh, Divjaka, Gorre), while in coastal areas such as Vlora the anomalies are more moderate. This result shows that climate warming has affected the Myzeqe plain unevenly, extending the growing season and increasing irrigation demands, especially in inland areas.

The results above, present a clear summary of the situation in the lands around the Myzeqë lagoons with reference to the active temperature indicators. To have a more practical concept, from the aromatheorological literature, in Table No. 1 are presented the care of various agricultural plants for active temperatures, respecting the respective biological minimums.

Table 1-Requirements of different agricultural crops against the temperature regime.

Crop	Sum of Active Temperatures (>10 °C)	Biological Minimum (°C)
Citrus	above 4000	10
Olive	4000–4800	10
Vine	2500–4500	10
Cotton	3500–4000	5–7
Maize (medium varieties)	2400–3200	14–15
Wheat	1900–2200	1–2

Crops have specific requirements for the sum of active temperatures (ΣT > 10 °C) and for the biological minimum below which growth stops. Citrus fruits require over 4000 °C with a minimum of 10 °C, olives 4000–4800 °C, vines 2500–4500 °C, while cotton 3500–4000 °C with a minimum of 5–7 °C. Maize grows at 2400–3200 °C with a minimum of 14–15 °C, while wheat has lower requirements, 1900–2200 °C with a minimum of 1–2 °C.
These differences indicate the adaptation of crops to different thermal regimes: subtropical crops (citrus fruits, olives, cotton) require higher sums of active temperatures, while temperate crops (wheat, maize) thrive in cooler conditions with lower minimums. The progressive increase in active temperatures in the Myzeqe Plain (1961–2020) indicates more favorable conditions for arable crops, but also increased risks for evaporation and water stress.

CONCLUSIONS

The results show that the Myzeqe Plain has experienced an increase in days without continuous rainfall, especially in the summer season, where from the first climate norm to the second norm 1961-1990 and 1991-2020 there are 2 more days without rainfall.
Active temperatures have increased during the period 1961–2020, with a positive linear trend of about +13 °C each year. This development clearly reflects the effects of climate warming at the regional level and is consistent with the trends observed throughout the Mediterranean area. The continuous increase in the amount of active temperatures indicates that the territory is becoming more favorable for agricultural crops, expanding the agricultural potential in terms of citrus, olive, vine and cotton.
However, these changes also present important challenges. Increasing heat is associated with increased evaporation and increased irrigation needs, which can negatively impact water resource sustainability and increase climate stress on traditional crops such as maize and wheat. Therefore, careful management of water resources and adaptation of agricultural practices are essential to sustainably exploit the advantages of the active temperature increase in this region.

REFERENCES

(C3S), C. C. C. S. (2023). *ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels

Asllan Mici, M. B., Raqi Mukeli, Robert Naçi and Sirri Jaho. (1975). *Klima e Shqipërisë* [Climate of Albania]. IHM.

Çela, G. (2024). COMPARATIVE ANALYSIS OF OBSERVED AND REANALYZED PRECIPITATION FROM SATELLITE PRODUCTS. SCfSD '24, Struga, North Macedonia.

Çela, G. (2025, February 22-23, 2025). Long-term trends in average air temperature in the Central Lowland Mediterranean Climate Zone of Albania. 4th International Conference on Contemporary Academic Research ICCAR 2025 Konya, Turkey.

Çela, G., Laci, S., & Papathimiu, S. (2025). Drought Assessment under Climate Change Using SPI, SPEI, and the Hydrothermal Coefficient: A Case Study of the Myzeqe Plain, Albania. *American Journal of Engineering Research*, *14*, 65-72.

Çela, G., Papathimiu, S., & Laci, S. (2025). *The assessment of atmospheric precipitation progress in the Myzeqeja Plain in the context of climate change in Albania*.

Çela, G., Zorba, P., Gjoni, A., Bardhi, A. (2024, 30.09.2024). Vleresimi i thatesirave bujqesore në Fushën e Myzeqesë në pikëpamjen e Ndryshimeve Klimatike. Impaktet e rezevuarve dhe reshjeve atmosferike në dukuritë e thatësirës dhe përmbytjeve në kontekstin e ndryshimeve klimatike në hapësirën fiziko-gjeografike të lumenjve Vjosë dhe Seman, Tirana, Albania.

Doorenbos, J., & Kassam, A. (1979). *FAO Irrigation and Drainage Paper 33*.

Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., & Goodess, C. M. (2009). Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Change*, *68*(3), 209-224. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.06.001

IHM. (1985). *Veçori Klimatike dhe Hidrologjike të Ultësirës Perëndimore* [Climatic and Hydrological Features of the Western Lowlands]. Hidmet.

Kennish, M. (2015). Coastal Lagoons. In (pp. 140-143). https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_47

Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoon processes. *Coastal Lagoon Processes*, *60*, 1-8.

Lionello, P. (2012). *The climate of the Mediterranean region: From the past to the future*. Elsevier.

Mandili, T. (1975). *Klima dhe Kulturat Bujqësore* [Climate and Agricultural Crops]. SHPB.

Mici-K.Plaku, A. (1963). Karakteristikat kryesore agroklimatike të fushës së Myzeqesë [Main agroclimatic characteristics of the Myzeqe plain]. In *Studime Hidrometeorologjike* (Vol. 2, pp. 152). HIDMET.

Moriondo, M., Giannakopoulos, C., & Bindi, M. (2011). Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Climatic change*, *104*(3), 679-701.

Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, *16*(4), 239-262. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7

Qiriazi, P. (2010). *Gjeografia fizike e Shqip·eris·e* [Physical geography of Albania]. Aferdita.

Wang, J. Y. (1960). A Critique of the Heat Unit Approach to Plant Response Studies. *Ecology*, *41*(4), 785-790. https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1931815

DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL COTTON TEXTILE COATED WITH Ag-Ag_2S/TiO_2 PLASMONIC PHOTOCATALYST

Mouheb Sboui
College of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University

Khalid A. Alamry
Chemistry Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University

Youssef O. Al-Ghamdi
Department of Chemistry, College of Science Al-Zulfi, Majmaah University

Mahmoud A. Hussein
Chemistry Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University

Abstract
Cellulose-based biocomposites exhibit significant potential and versatility in advanced photocatalyst development for environmental remediation. In this study, we synthesize Ag-Ag_2S/TiO_2/CT (cotton textile) biocomposite film as an efficient hybrid photocatalyst through a straightforward hydrothermal process to create TiO_2, followed by a dipping process in an Ag-Ag_2S solution. This biocomposite have shown high decomposition efficiency of *o*-toluidine as a carcinogenic compound in aqueous media by 97% after 6 h of lighting, and complete oxidation of alcoholic compounds (which include 1-butanol, 1-propanol, and ethanol) as volatile organic compounds (VOCs) in gaseous medium under sunlight at room temperature. Moreover, it showed notable antibacterial activity against *Escherichia coli*. This high efficiency of Ag-Ag_2S/TiO_2/CT can be due in particular to the synergistic effect between Ag-Ag_2S and TiO_2, which includes smooth transfer of charges thanks to their efficient separation, recombination inhibition, and improved absorption of visible light. On the other hand, the prepared hybrid photocatalyst showed enhanced mechanical strength, high stability and strong durability, ensuring its reuse for several cycles. Our findings indicate that Ag-Ag_2S/TiO_2/CT holds promise as a multifunctional material for water treatment, capable of removing organic pollutants, eliminating bacteria, and purifying air simultaneously.
Keywords: Cotton textile; Ag-Ag_2S/TiO_2 plasmonic photocatalyst; Surface immobilization; Photocatalytic water treatment; Photocatalytic air purification; Antibacterial property.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

FORECASTING DUST STORMS USING SATELLITE IMAGERY AND MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN KHUZESTAN, SOUTHWEST IRAN

Farhan Ahmadi-Mirghaed
Department of Environmental Sciences, Faculty of Environment and Marine Sciences, University of Mazandaran
ORCID: 0000-0003-0123-4258

Abstract
Dust storms represent a class of environmental phenomena that have exerted a profound influence on diverse regions of Iran, particularly within its southern provinces, over the past two decades. The objective of this study was to monitor and predict the temporal-spatial change of dust in Khuzestan Province using machine learning techniques and MODIS images during the period 2002 to 2024. The findings indicated that dust storms have predominantly impacted the western, southwestern, and central regions over the past two decades. The impact of dust storms has exhibited temporal variability. Furthermore, it was revealed that the areas most susceptible to dust storms are located in the southwestern region of the province. The findings further underscore the significance of minimum annual temperature, maximum annual temperature, and wind speed in predicting and modeling dust storms, surpassing the importance of other climate parameters. The findings of this study have yielded valuable insights into the spatiotemporal patterns of dust storms in the study area, which are pertinent to the implementation of protective strategies aimed at mitigating the impact of dust storms.
Keywords: Dust storms, Climate parameters, Support Vector Machine, BADI index, MODIS

Introduction
Dust storms are meteorological phenomena caused by wind erosion in dry regions that lead to an increase in fine particles in the atmosphere and can affect human health, agriculture, and infrastructure. These events impact air quality and climate dynamics and alter regional climate through various processes. Understanding the mechanisms behind dust storm occurrences is essential for predicting the interactions between dust and climate amid global environmental changes (Luo et al., 2025; Chen et al., 2022). According to the WMO definition, a dust storm refers to a strong wind that lifts a significant amount of dust and reduces horizontal visibility to 200 to 1000 meters. The main sources of dust include deserts, abandoned lands, and degraded areas (WMO and UNEP, 2011). Dust movement paths are heavily influenced by convective patterns and surface and upper-level winds and can travel long distances. Short-term effects include reduced visibility, transportation disruption, and damage to eyes and respiratory systems. Long-term effects pose health threats and reduce agricultural productivity. Climate changes with repeated droughts, excessive heat, and decreased vegetation cover have intensified this phenomenon in the Middle East. Additionally, human activities and poor water resource management exacerbate wind erosion, leading to an increase in dust storms (Kamat et al., 2025; Urata et al., 2025; Ginoux et al., 2004).
Various studies have assessed dust storms and their impacts. Most studies have been based on the use of remote sensing images, especially Landsat and MODIS images, and the application of modern approaches such as machine learning methods (Li et al., 2025; Devi et al., 2025; Miri 2025; Khan & Tariq, 2024; Soni et al., 2022; Mohammadpour et al., 2022).
Khuzestan province, located in southwestern Iran, holds a very important environmental and socio-economic position and plays a significant role in supplying energy and agricultural production.

However, over the past two decades, the occurrence of dust storms in this region has caused various environmental problems and crises, including threats to human health, destruction of agriculture, air pollution, and deterioration of natural habitats. Climate change, land-use change, prolonged droughts, intensive resource exploitation, expansion of industrial activities, and reduction of water resources are among the causes of increased dust storms in the region. This study was conducted to assess and model the dust phenomenon based on climatic parameters and using machine learning approaches for the period 2002 to 2021 in the study area. In addition, the most important climatic parameters influencing dust were evaluated.

Materials and methods

Study area

Khuzestan, located in southwestern Iran and bordering the Persian Gulf (Fig. 1) , is one of the regions with important water resources, with the Karun, Dez and Marun rivers. However, climate change, lack of rainfall and agricultural and industrial pressures have exacerbated environmental problems such as soil erosion, land subsidence and air and water pollution in this region. Pollution from dust and traffic of cars and industries, especially in the cold seasons and the entry of fine dust from its western regions, have created major challenges. This province has an important contribution to energy supply and agricultural production in Iran and the region. In recent decades, various environmental issues, including the increase in dust storms, have affected the conditions of its habitats. Therefore, studying and identifying environmental issues, including dust storms, is important for adopting appropriate management strategies.

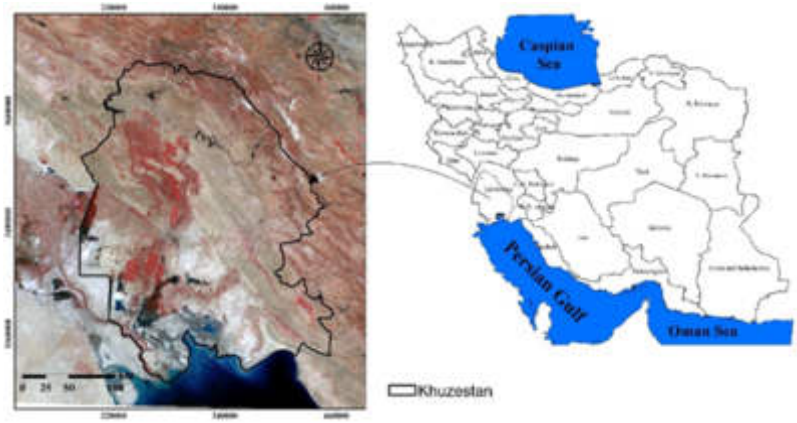


Fig. 1. Location of the study area

Evaluation dust storms

In this study, dust modeling was considered based on a machine learning approach, namely support vector machine. Climatic data including precipitation, minimum annual temperature, maximum annual temperature, wind speed, surface radiation, actual evapotranspiration, potential evapotranspiration, and soil moisture were obtained from the TerraClimate dataset in Google Earth Engine. To calculate the brightness-temperature adjusted dust index (BADI), the brightness temperature product of MODIS bands 20, 31, and 32 downloaded from Google Earth Engine was considered. For modeling, climatic data was used as input and BDAI index was used for training and testing the model. The flowchart of the methodology is depicted in Figure 2.

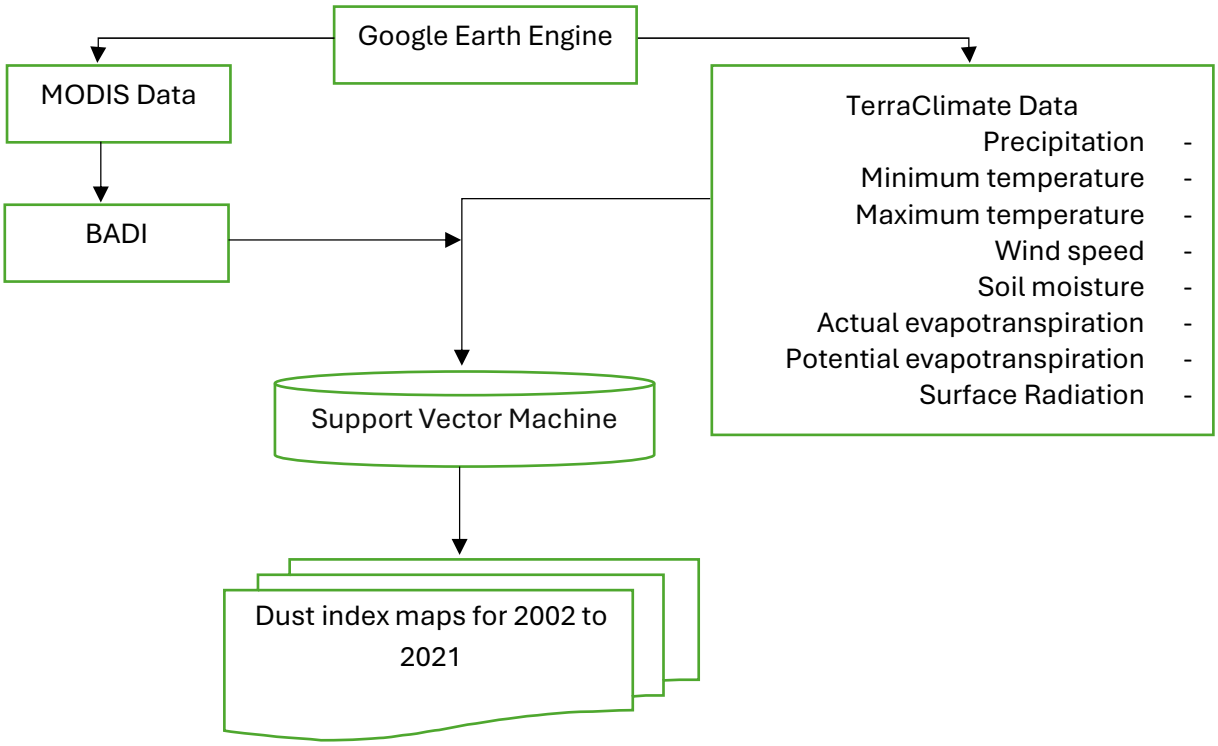


Fig. 2. Flowchart of the methodology.

Results and discussion

Figure 3 presents the dust forecast using the SVM method, and the model's validity was evaluated using the statistical indices R^2, RMSE, and MAE. According to the reported values ($0.88 \leq R^2 \leq 0.95$, RMSE < 2.74, and MAE < 1.57), the model is acceptable to desirable in terms of validity and efficiency. This indicates that the model accurately represents the changes in the training data. Analysis of the southern and central basin areas shows that these areas were severely exposed to dust storms from 2002 to 2021, though the intensity of this phenomenon varied by year. This variation could be related to seasonal and annual differences, as well as the combination of climatic and circulatory factors. Classifying dust intensity into three categories (low, medium, and high) and presenting the results in Figure 4, together with the percentage of the area allocated to each category in each year in Figure 5, enables accurate temporal comparisons. Studies have shown that, except for 2004, 2013, and 2020, the high dust intensity class covered the largest area in all years, indicating an increasing trend in intensity and expansion over the study period. Additionally, the trend of changes in the high dust intensity class is increasing over the study period, while the medium and low classes have remained almost stable. This result could be related to long-term changes in environmental factors, such as increasing droughts, changes in land use, or other climatic pressures. From a modeling perspective, wind speed, maximum annual temperature, and minimum annual temperature were identified as the most important criteria for predicting dust over 20 years. This shows that changes in temperature and local airflow intensity play a pivotal role in dust intensity and distribution.

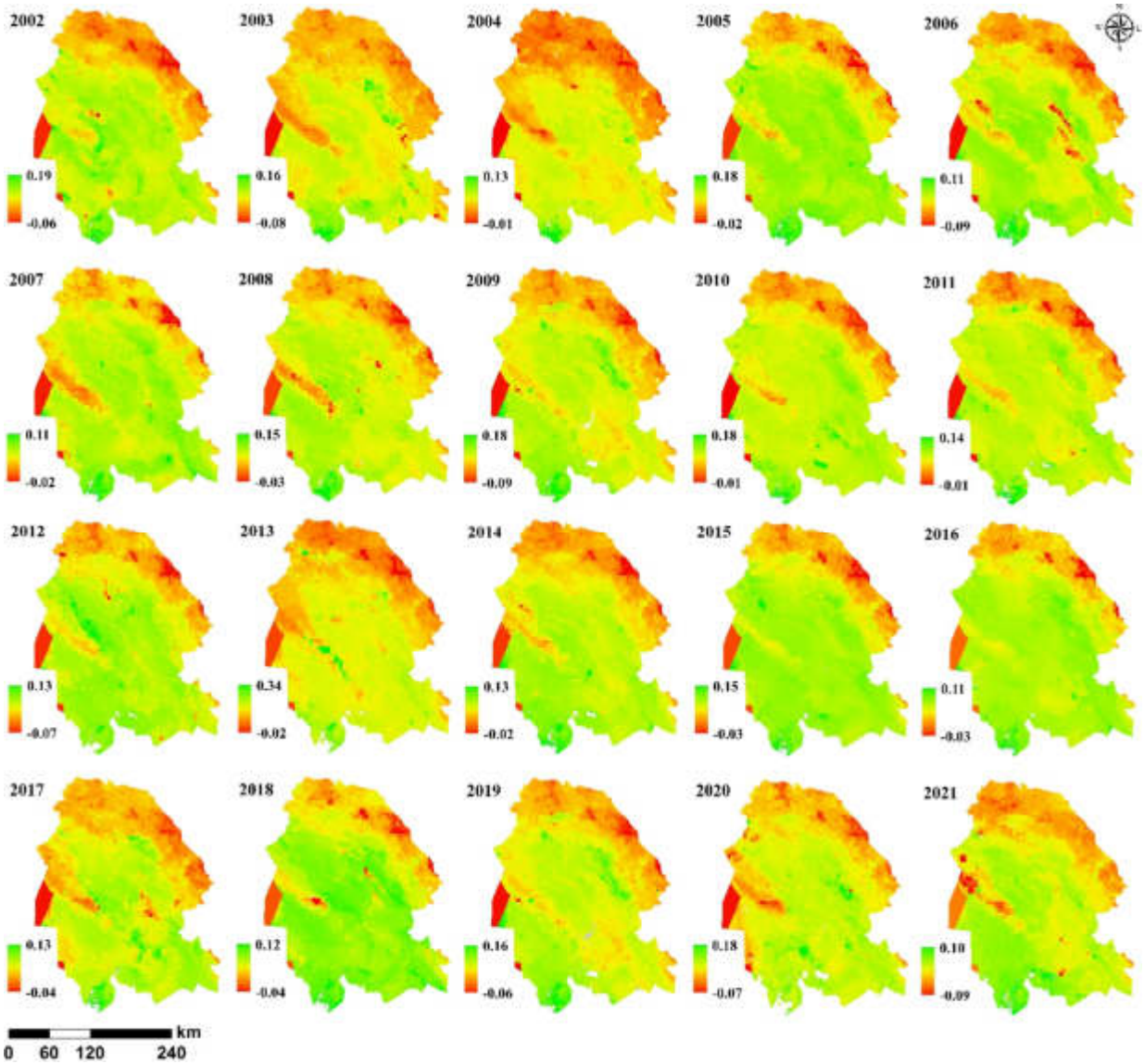


Fig. 3. Results of SVM modeling for predicton of dust index

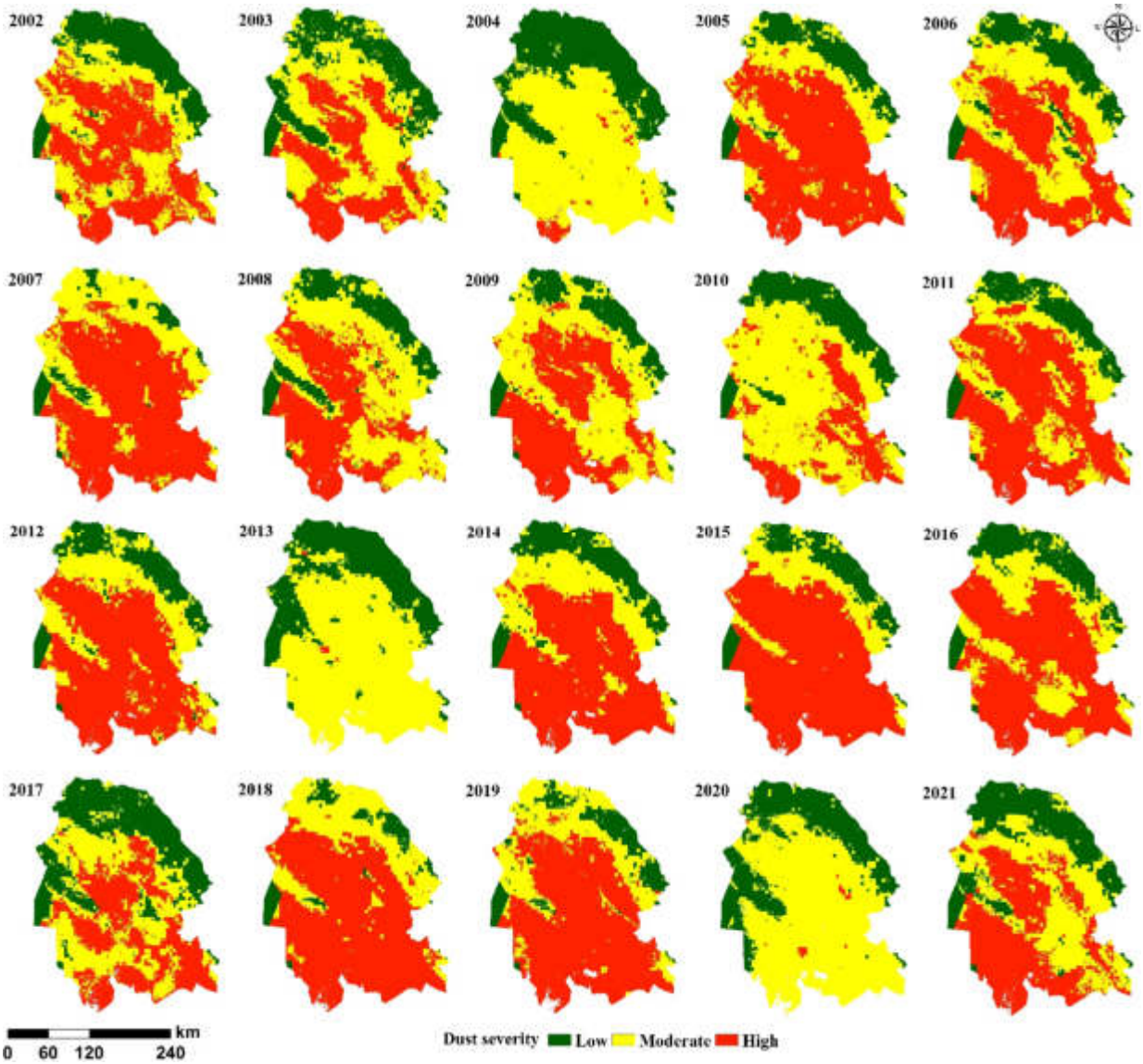


Fig. 4. Classified maps of dust index

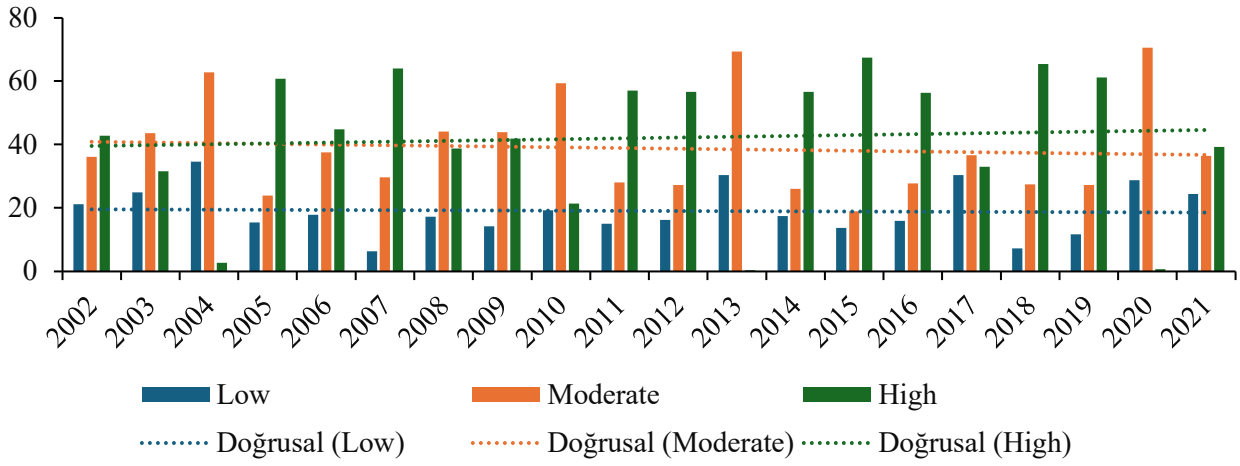


Fig. 5. Percentage of area allocated to each dust index class in different years and their changes

Conclusions

The SVM model reliably represents the temporal and spatial variations of dust in the study area. It is a useful auxiliary tool for identifying vulnerable points and allocating dust management resources in future periods. Despite the model's good validity and its findings' correlation with distributional data, future studies should investigate the effects of specific annual events or events outside the seasonal pattern. This will ensure the stability and generalizability of the results. To improve predictions in future years, it is recommended that the model consider other environmental variables, such as soil moisture and vegetation cover, as well as pollution fugacity levels. Additionally, the sensitivity of the model to periodic changes should be assessed. Overall, the findings indicate that high dust intensity is continuously increasing in the region, while low and medium intensities remain relatively stable. This is a crucial issue for air pollution management policies and regional air quality improvement plans. In conclusion, this analysis provides a comprehensive picture of trends affecting dust forecasting and can inform management decisions and future research aimed at improving the model and expanding the scope of analysis.

References

Devi, M., Mishra, S. K., Jayakumar, A., Kaur, S., Goel, V., Narayanasamy, V., ... & Pandey, K. (2025). Physico-chemical characterization of atmospheric particles during two intense dust storms in the vicinity of Thar Desert. Atmospheric Pollution Research, 16(8), 102532.

Ginoux, P., Prospero, J.M., Torres, O. and Chin, M., 2004. Long-term simulation of global dust distribution with the GOCART model: correlation with North Atlantic Oscillation. Environmental Modelling & Software, 19(2), pp.113-128.

Kamat, D.K., Sharma, S.K., Kumar, P., Kumar, K.N., Saha, S. and Bencherif, H., 2025. Investigation of atmospheric clouds and boundary layer dynamics during a dust storm in the Western-Indian region. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 37, p.101442.

Khan, M., & Tariq, S. (2024). Uncovering the dynamics of atmospheric aerosols in China: A comprehensive analysis of OMI-Retrieved aerosol index data. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 259, 106251.

Li, R., Li, Z., Xiao, B., Wu, C., Li, R., Zhang, F., & Wang, G. (2025). Chemical characterization of atmospheric aerosols in spring Shanghai: Formation mechanism of secondary organic aerosols on Asian dust surface. Atmospheric Research, 108308.

Luo, N., Zou, J., Piao, X., Khoo, H. L., Jia, K., Fan, J., & Yan, X. (2025). Distinct Spatiotemporal Patterns and Meteorological Impacts of Gobi Desert and Taklimakan Desert Dust Storms over China. Environmental Technology & Innovation, 104393.

Miri, A. (2025). On the relationship between air pollution indices and risk level of dust-related diseases and associated hospitalization. Aeolian Research, 73, 100972.

Mohammadpour, K., Rashki, A., Sciortino, M., Kaskaoutis, D. G., & Boloorani, A. D. (2022). A statistical approach for identification of dust-AOD hotspots climatology and clustering of dust regimes over Southwest Asia and the Arabian Sea. Atmospheric Pollution Research, 13(4), 101395.

Soni, M., Verma, S., Mishra, M. K., Mall, R. K., & Payra, S. (2022). Estimation of particulate matter pollution using WRF-Chem during dust storm event over India. Urban Climate, 44, 101202.

Urata, R.A., Bertrand, T., Kahre, M.A., Wilson, R.J., Kling, A.M. and Wolff, M.J., 2025. Impact of a bimodal dust distribution on the 2018 Martian global dust storm with the NASA Ames Mars global climate model. Icarus, 429, p.116446.

World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP)., 2011. Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs, pp. 1121 (Accessed on April 13, 2016).

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ADAPTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE HEALTHCARE SYSTEM OF GEORGIA; POPULATION NEEDS AND RISKS

Professor Shalva Zarnadze
TSMU, Deapartement of Nutrition, Aging Medicine, environmental and occupational health
ORCID: 0000-0002-6895-9205

Professor Irine Zarnadze
TSMU, Department of Public Health, Health care Management, Politicy and Economi
ORCID: 0000-0001-5511-437X

Tsitsi Papunashvili
TSMU

Lado Gabechava MS.Studets
TSMU

ABSTRACT

Introduction: Digital healthcare has emerged as a key field in recent decades, aiming to improve health through modern technologies. Its objectives include increasing accessibility of healthcare services, connecting medical professionals and patients via digital tools, and enhancing prevention, diagnosis, and treatment.

Aim: This study explores how the population perceives digital healthcare, their openness toward it, the needs for service utilization, and the risks identified.

Methods: A quantitative study was conducted using a 29-question survey. A total of 510 individuals participated, representing different age groups, regions, and professional backgrounds, allowing for a comprehensive assessment of Georgia's population.

Results: 44.1% of respondents are informed about digital healthcare and telemedicine however 88.2% positively evaluate the use of digital technologies in healthcare. According to participants the two main risks are low trust in online consultations (47%) and concerns about the validity of personal data protection (51.9%) the most trusted service is online delivery of laboratory test results (68.6%). The study also identified easily vulnerable groups, these include the elderly persons with disabilities and people living in rural regions 92.2% of respondents are positive about the future of digital healthcare 78.4% believe it is necessary to conduct special programs for technological education. Respondents consider the following as essential factors for the development of digital healthcare retraining of medical personnel (36.3%) improvement of technological infrastructure (34.3%) and patients' technological education (16.7%).According to respondents the following should be involved in these processes: state institutions (78.4%) higher education institutions (57.8%) private clinics and insurance companies (71.6%) and technology companies (52.9%).

Conclution: Although public awareness is limited, most respondents hold a positive attitude toward digital healthcare. The study highlights key needs and risks that must guide future planning and supports the development of population-centered recommendations for stakeholders.

Keywords: Digital Technologies, Healthcare System

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PROTECTIVE EFFECTS OF QUERCETIN AGAINST AFB1-INDUCED IMMUNOTOXICITY AND OXIDATIVE STRESS IN BROILERS

Shahid Ali Rajput
Department of Animal and Dairy Sciences, Faculty of Veterinary and Animal Sciences, Muhammad Nawaz Shareef University of Agriculture

Abstract

The present study aimed to investigate the protective effects of quercetin on immune injury and oxidative stress in broilers induced by AFB1. Our results showed that exposure to AFB1 significantly induced immunotoxicity and oxidative stress in broilers. Contrastingly, quercetin treatment markedly reduced the immunotoxic effects and oxidative injury in broilers, as evidenced by increased levels of immunoglobulin A, immunoglobulin G, and immunoglobulin M compared with the AFB1-exposed group. Moreover, quercetin supplementation significantly alleviates AFB1-induced oxidative stress in the spleens of broilers by decreasing MDA and ROS contents, along with increased antioxidant enzyme activities, including total antioxidant capacity, catalase, total superoxide dismutase, and glutathione peroxidase. These findings highlight the shielding effects of quercetin against AFB1 toxicity in broilers and provide a therapeutic potential in mitigating AFB1-induced immunotoxicity and oxidative stress in poultry.

Keywords: Aflatoxin B_1; Quercetin, Broilers, Oxidative stress; Immune injury

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PREVALENCE OF CHRONIC ENERGY DEFICIENCY AMONG ADULT TRIBAL POPULATION OF INDIA

Shibendu Kuiri
Public Health Nutrition Research Unit, Department of Anthropology and TS, Sidho-Kanho-Birsha University

Samiran Bisai
Public Health Nutrition Research Unit, Department of Anthropology and TS, Sidho-Kanho-Birsha University

ABSTRACT

Introduction

Undernutrition remains a significant public health concern among tribal populations in India, who constitute 8.6% of the country's total population. These communities often face socio-economic marginalization, limited healthcare access, and food insecurity, making them vulnerable to poor nutritional outcomes. Nutritional status significantly influences not only an individual's health but also their capacity to work and economic growth of the country. So, assessing and improving their nutritional condition is of paramount importance. Therefore, present study was undertaken and aimed to assess the nutritional status of adult members from six major tribal groups in the Purulia district of West Bengal.

Methodology

A cross-sectional study was conducted among 1344 adult participants (648 males and 696 females) aged 18 years and above, belonging to the Bediya, Mahali, Mudi, Munda, Oraon, and Sabar tribes. Anthropometric measurements were taken using standard WHO procedures. Body Mass Index (BMI) was calculated using height and weight, and nutritional status was categorized based on WHO global cut-off points.

Results

The prevalence of undernutrition in terms of Chronic Energy Deficiency (CED) was found to be 27% among males and 40 % among females. Among males, 15% were classified as CED-I (mild), 7% as CED-II (moderate), and 5% as CED-III (severe). Among females, 10% fell under CED-I, 9% under CED-II, and a significantly higher 20% under CED-III, indicating greater nutritional vulnerability in women.

Discussion

The findings reveal a high burden of undernutrition among the tribal population, with women disproportionately affected. The severity of undernutrition, particularly among females, may be influenced by gender disparities in food access, workload, healthcare utilization, and socio-cultural norms. These patterns indicate a pressing need for targeted nutritional and health interventions.

Conclusion

The study found sex variation of CED existence among tribal communities in Purulia. To effectively address undernutrition in these populations, interventions and awareness should be incorporate not only biomedical approaches but also socio-economic and gender-sensitive strategies aimed at improving food security, healthcare access, and overall quality of life.

Keywords: BMI, CED, Tribe, Purulia, India

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

FACTORS INFLUENCING CONTRACEPTIVE USE AMONG MARRIED NIGERIAN WOMEN

Yasmin Aisha AHMED
Dokuz Eylul University, Institute of Health Sciences, Department of Public Health
ORCID: 0000-0002-6014-2305

Prof. Dr. Türkan GÜNAY
Dokuz Eylul University, Institute of Health Sciences, Department of Public Health
ORCID: 0000-0002-0874-2637

Abstract

The implementation of family planning initiatives represents one of the most economically efficient interventions for mitigating rapid population growth and catalyzing socio-economic advancement. Notwithstanding increased global contraceptive prevalence, utilization rates in Nigeria remain subdued. The sluggish pace of fertility reduction in the country highlights an imperative to re-frame family planning as an essential developmental and public health priority. This study was designed to investigate the determinants and prevalence of contraceptive use, specifically evaluating the relationship between these outcomes and factors operating at the individual, spousal and community levels.

This study employed a cross-sectional design utilizing secondary data from the 2018 Nigeria Demographic and Health Survey (NDHS). The analytical sample was restricted to currently married women of reproductive age (15-49 years). Initial bivariate analyses were conducted to examine the associations between contraceptive use and a set of predetermined independent variables. To isolate the net effects of these factors, multivariate logistic regression was subsequently employed to analyze the influence of multi-level covariates on contraceptive use.

This study's findings, derived from a sample of 27,841 currently married women, demonstrated significant geographical and ethnic inequalities in contraceptive use and unmet need for family planning. The aggregate contraceptive use was calculated at 14.9%, composed of a 11.5% modern method users and 3.4% traditional method users. Multivariate analysis identified several factors significantly correlated with this outcome, namely spousal age, reproductive intentions, the gender of offspring, the woman's age at the start of cohabitation and household wealth status.

This research contributes essential insights into the dynamics of contraceptive utilization and unmet need for family planning among Nigerian women. The results furnish a valuable empirical basis for informing policy and designing focused interventions to curb discontinuation rates, tackle unmet need and broaden access to contraceptive services. Implementing such measures is a prerequisite for hastening the decline in fertility rates and achieving key national development objectives aligned with the Sustainable Development Goals.

Keywords: contraceptive use, family planning, Nigeria.

HIDDEN HUNGER: THE SILENT GLOBAL BURDEN OF VITAMIN B12 DEFICIENCY

Assistant Professor Bikash Bania
Department of Medical Laboratory Technician, Institute: Rangia College

Assistant Professor Nitul Ali
Department of Zoology, Rangia College

Abstract
Vitamin B12 deficiency has emerged as one of the most overlooked forms of hidden hunger, silently affecting populations across both developed and developing regions. Beyond its classical role in hematological disorders such as megaloblastic anemia, current research underscores its broader impact on neurological development, cognitive decline, cardiovascular risk, and adverse pregnancy outcomes. The burden is particularly pronounced among vulnerable groups, including infants, children, women of reproductive age, the elderly, and individuals adhering to restrictive diets with limited animal-source foods. Contributing factors such as malabsorption syndromes, gastrointestinal disorders, prolonged use of certain medications, and disturbances in gut microbiota further aggravate the problem.
Despite its global significance, Vitamin B12 deficiency remains underdiagnosed due to nonspecific clinical presentations and limited availability of sensitive biomarkers. In many low- and middle-income countries, socioeconomic barriers and dietary transitions exacerbate the prevalence of deficiency, while in high-income regions, lifestyle and dietary choices contribute to a silent but increasing trend. Addressing this hidden burden requires a multifaceted approach that combines improved screening, food fortification, supplementation strategies, and nutrition education. Moreover, sustainable interventions such as biofortification and microbiome-focused therapies hold promise for long-term solutions.
This topic highlights the silent yet widespread impact of Vitamin B12 deficiency, emphasizing the need to recognize it as a critical global health priority. Integrating B12 deficiency into hidden hunger frameworks and public health agendas is essential to mitigate its intergenerational consequences and to ensure healthier, more resilient populations worldwide.
Keywords: Vitamin B12, Hidden hunger, Neurological health, Global nutrition, Public health

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE GUT–BRAIN AXIS IN NEURODEGENERATIVE DISEASES: THE MICROBIOME AS A NOVEL THERAPEUTIC TARGET

Virág Zábó
Institute of Preventive Medicine and Public Health, Semmelweis University

Andrea Lehoczki
Institute of Preventive Medicine and Public Health, Semmelweis University

Mónika Fekete
Institute of Preventive Medicine and Public Health, Semmelweis University

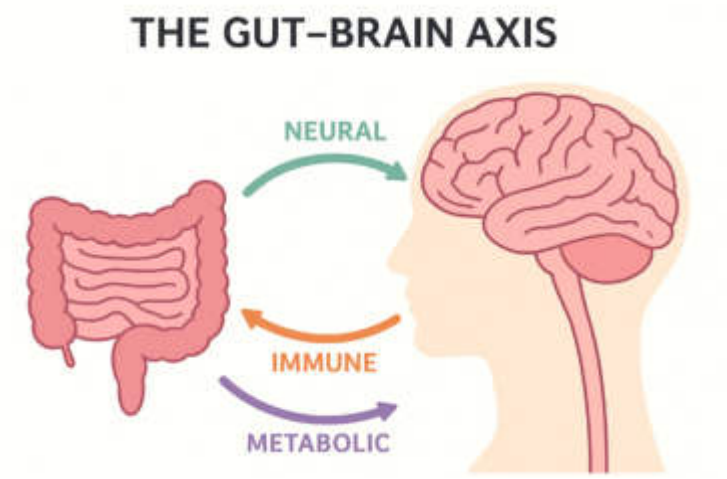
Zoltán Ungvári
Institute of Preventive Medicine and Public Health, Semmelweis University
ORCID: 0000-0001-8632-2120

ABSTRACT
Recent research highlights that the gut microbiome plays a critical role not only in digestive processes but also in central nervous system (CNS) function. The gut–brain axis constitutes a complex bidirectional communication network that integrates neural, immune, and metabolic pathways between the gastrointestinal tract and the brain. Dysbiosis, or disruption of microbial balance, contributes to neuroinflammation, impairment of the blood–brain barrier, and pathological protein aggregations such as beta-amyloid and tau, processes that are central to the progression of neurodegenerative diseases, including dementia and Alzheimer's disease.
This presentation provides an overview of the interactions between the gut microbiome and CNS function, emphasizing the neuromodulatory role of microbial metabolites, including short-chain fatty acids and trimethylamine N-oxide. Additionally, it explores the potential of precision nutrition and microbiome-targeted interventions as novel strategies for the prevention and management of neurodegenerative disorders.
Keywords: gut–brain axis; microbiome; dysbiosis; neuroinflammation; neurodegenerative diseases; Alzheimer's disease; precision nutrition
Funding

The project was funded by the Ministry of Innovation and Technology under the National Cardiovascular Laboratory Program: RRF-2.3.1-21-2022-00003 from the National Research, Development and Innovation Fund. Project no. TKP2021-NKTA-47 was also funded by the National Research, Development and Innovation Fund under the TKP2021-NKTA program, with the support of the Ministry of Innovation and Technology of Hungary.

INTRODUCTION
Over the past few decades, a growing body of evidence has demonstrated that the gut microbiome exerts far-reaching effects beyond gastrointestinal function, profoundly influencing the central nervous system (CNS) (Fekete et al., 2021; Olteanu et al., 2024; Ungvari et al., 2025). The gut–brain axis represents a sophisticated, bidirectional communication network that integrates neural, immunological, and metabolic pathways, thereby linking the gut and the brain (Figure 1) (Powell et al., 2017).

Neural pathways involve the vagus nerve and the enteric nervous system, while immune signaling and microbial metabolites mediate systemic and central effects (Cao et al., 2025; Mukli et al., 2025; Pandics et al., 2023).



Disruption of the gut microbial balance, or dysbiosis, has been implicated in several pathological processes relevant to neurodegeneration (Balasubramanian et al., 2024; Ungvari et al., 2024). Dysbiosis can exacerbate neuroinflammatory responses, impair blood–brain barrier integrity, and facilitate the accumulation of misfolded proteins such as beta-amyloid and tau—hallmarks of Alzheimer's disease and related dementias (Padhi et al., 2022). Furthermore, alterations in microbial composition and metabolite profiles have been associated with modulation of microglial activation, synaptic plasticity, and neurotransmitter systems, linking the gut microbiome directly to cognitive and behavioral outcomes (Fekete et al., 2023; Glinert et al., 2022; Stankovics et al., 2025).

Given the pivotal role of these mechanisms in the onset and progression of neurodegenerative disorders, understanding the gut–brain axis offers novel insights into disease pathophysiology and therapeutic opportunities. This review provides a comprehensive overview of the interactions between the gut microbiome and CNS function, emphasizes the neuromodulatory potential of microbial metabolites, and explores emerging strategies in precision nutrition and microbiome-targeted interventions aimed at preventing or mitigating neurodegenerative processes.

METHODS

This review is based on a comprehensive literature search conducted across multiple scientific databases, including PubMed, Scopus, and Web of Science, covering publications up to August 2025. The search strategy combined keywords and MeSH terms related to the gut–brain axis, microbiome, dysbiosis, neuroinflammation, neurodegenerative diseases, Alzheimer's disease, microbial metabolites, precision nutrition, and dietary interventions.

Inclusion criteria encompassed original research articles, randomized controlled trials, cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses focusing on:

1. Mechanistic insights into gut–brain communication pathways.
2. The role of microbiome composition and metabolites in CNS function.
3. The impact of dietary and microbiome-modulating interventions on cognitive function or neurodegenerative outcomes.

Exclusion criteria included studies not published in English, case reports, editorials, and studies lacking direct relevance to the gut–brain axis or neurodegeneration.

Data extraction was performed independently by two reviewers, focusing on study design, sample size, population characteristics, microbiome assessment methods (e.g., 16S rRNA sequencing, metagenomics), intervention type and duration, cognitive or neurological outcome measures, and key findings. Discrepancies were resolved through discussion and consensus.

The methodological approach ensures a thorough, evidence-based synthesis of current knowledge on the gut–brain axis, microbial metabolites, and precision nutrition strategies, highlighting both mechanistic insights and translational potential for neurodegenerative disease prevention and management.

RESULTS

Physiology and Mechanisms of the Gut–Brain Axis

The gut–brain axis represents a highly intricate, bidirectional communication network that integrates neural, immune, and metabolic signals between the gastrointestinal tract and the central nervous system. This axis modulates key physiological functions, including autonomic control, immune homeostasis, gastrointestinal motility, and higher-order brain functions such as cognition, mood, and behavior.

Neural Pathways

The vagus nerve serves as the primary neural conduit, transmitting afferent sensory signals from the gut to the brainstem and integrating autonomic and neuroendocrine responses. The enteric nervous system (ENS), often termed the “second brain,” operates semi-autonomously and coordinates local gut functions while interfacing with central pathways. Dysregulation in vagal signaling or ENS activity has been linked to alterations in mood, cognitive function, and neurodegenerative processes (MAHAMMAD et al., 2025).

Immune and Inflammatory Mechanisms

Gut microbiota modulate systemic and CNS immune responses through the production of microbial metabolites, regulation of cytokine profiles, and modulation of microglial activity. Dysbiosis can induce a pro-inflammatory state, characterized by elevated levels of IL-6, TNF-α, and IL-1β, which may cross or disrupt the blood–brain barrier (BBB), promoting neuroinflammation and neuronal damage. Conversely, a balanced microbiome promotes anti-inflammatory signaling, including increased IL-10 and TGF-β, supporting neuroprotection and synaptic plasticity (Mou et al., 2022).

Metabolic and Endocrine Interactions

Microbial metabolites, particularly short-chain fatty acids (SCFAs) such as butyrate, acetate, and propionate, serve as critical neuromodulators. SCFAs influence CNS function via histone deacetylase inhibition, modulation of neurotransmitter synthesis, and enhancement of neurotrophic factors, including brain-derived neurotrophic factor (BDNF). Additional metabolites, including trimethylamine N-oxide (TMAO) and microbiota-derived vitamins (e.g., B12, K2), further contribute to neuronal signaling, energy metabolism, and oxidative stress regulation (Ahmed et al., 2022).

Integration and Functional Outcomes

The gut–brain axis collectively influences neuroplasticity, cognitive performance, emotional regulation, and stress responses. Disruptions in this system, whether through microbial imbalance, dietary insufficiencies, or chronic inflammation, are associated with increased vulnerability to neurodegenerative diseases, including Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and other dementias. Targeted modulation of the gut–brain axis via dietary interventions, probiotics, prebiotics, and precision nutrition holds the potential to restore homeostasis, reduce neuroinflammation, and preserve cognitive function (Cao et al., 2025; Di Napoli et al., 2025; Fekete et al., 2024; Pandics et al., 2023; Ungvari, Fekete, Varga, Munkácsy, et al., 2025).

Dysbiosis and Neurodegeneration

Dysbiosis, defined as an imbalance in the composition or function of the gut microbiome, has emerged as a critical factor influencing the onset and progression of neurodegenerative diseases. Alterations in microbial diversity, abundance of specific taxa, and metabolite production can disrupt gut–brain communication, contributing to pathological processes in the central nervous system (Doroszkiewicz et al., 2021).

Neuroinflammation and Blood–Brain Barrier Integrity

Microbiome imbalances promote systemic and neuroinflammation through elevated pro-inflammatory cytokines such as interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), and interleukin-1β (IL-1β). These cytokines can impair the integrity of the blood–brain barrier (BBB), facilitating infiltration of peripheral immune cells into the CNS and exacerbating microglial activation. Chronic neuroinflammation is strongly associated with neuronal dysfunction and synaptic loss, hallmark features of Alzheimer's disease (AD) and related dementias (Bairamian et al., 2022; Varga et al., 2025).

Protein Aggregation and Amyloid Pathology

Emerging evidence indicates that dysbiosis may influence the accumulation of misfolded proteins, including beta-amyloid and tau. Certain gut bacteria produce amyloid-like proteins that can prime peripheral immune responses, enhance systemic inflammation, and potentially accelerate central amyloid aggregation through molecular mimicry mechanisms. Animal models have demonstrated that germ-free or antibiotic-treated mice exhibit altered amyloid deposition, highlighting the microbiome's role in modulating proteinopathy (Pistollato et al., 2016).

Microbial Metabolites as Mediators

Short-chain fatty acids (SCFAs), including butyrate, acetate, and propionate, are key microbial metabolites mediating gut–brain communication. SCFAs support microglial maturation, regulate histone acetylation, and modulate neurotransmitter systems, including GABAergic and glutamatergic signaling. Dysbiosis-induced reductions in SCFA production are linked to impaired neuroplasticity, heightened neuroinflammation, and cognitive deficits. Other metabolites, such as trimethylamine N-oxide (TMAO), may exacerbate oxidative stress and promote vascular contributions to neurodegeneration (Mostafavi Abdolmaleky & Zhou, 2024).

Behavioral and Cognitive Implications

Through the gut–brain axis, dysbiosis influences behavior, mood, and cognition. Preclinical and clinical studies indicate associations between altered microbial composition and deficits in learning, memory, and executive function. For example, reduced abundance of Bifidobacterium and Faecalibacterium correlates with impaired cognitive performance in older adults, while targeted interventions restoring microbial balance can improve cognitive outcomes (Białecka-Dębek et al., 2021).

Therapeutic Implications

Modulating the gut microbiome via probiotics, prebiotics, synbiotics, or dietary interventions represents a promising strategy for mitigating neurodegenerative processes. Precision nutrition and microbiome-targeted therapies aim to restore microbial diversity, enhance SCFA production, reduce systemic and CNS inflammation, and improve cognitive resilience. Ongoing studies are exploring individualized approaches that account for genetic background, baseline microbiome composition, and metabolic profiles to maximize therapeutic efficacy (Shang et al., 2024).

Microbial Metabolites and Neuromodulation

Microbial metabolites serve as critical mediators of gut–brain communication, influencing both central nervous system function and neurodegenerative processes. Among these metabolites, short-chain fatty acids, trimethylamine N-oxide, and microbiota-derived vitamins (e.g., B-group vitamins, K2) have been extensively studied for their neuromodulatory roles (Ahmed et al., 2022).

Short-Chain Fatty Acids

Produced through microbial fermentation of dietary fibers, SCFAs—including butyrate, acetate, and propionate—exert multiple effects on CNS health. Butyrate functions as a histone deacetylase (HDAC) inhibitor, promoting gene expression related to neuroplasticity and synaptic function. SCFAs modulate microglial maturation, regulate blood–brain barrier integrity, and influence neurotransmitter synthesis, particularly GABA and glutamate. Reduced SCFA production, a hallmark of dysbiosis, is associated with heightened neuroinflammation, impaired neurogenesis, and cognitive decline (Silva et al., 2020).

Trimethylamine N-oxide

TMAO, derived from microbial metabolism of dietary choline, carnitine, and betaine, has been implicated in oxidative stress and vascular dysfunction. Elevated systemic TMAO levels correlate with neuroinflammatory pathways and may exacerbate amyloid-beta deposition and tau pathology, thereby contributing to Alzheimer's disease progression (Arrona Cardoza et al., 2022).

Microbiota-Derived Vitamins

Gut bacteria synthesize essential vitamins, including B12, folate, and vitamin K2, which influence neurotransmitter synthesis, myelin formation, and neuroprotection. Dysbiosis-related deficiencies in these vitamins may compromise neuronal health, impair cognitive function, and increase vulnerability to neurodegenerative disorders (Olejnik et al., 2025).

Neuromodulatory Mechanisms

Collectively, microbial metabolites modulate neuroinflammation, support synaptic plasticity, and regulate neuronal signaling pathways. These effects are mediated through epigenetic modifications, receptor-mediated signaling (e.g., G-protein-coupled receptors for SCFAs), and modulation of systemic immune responses. By influencing neurochemical pathways and inflammatory cascades, microbial metabolites bridge the gut and brain, offering a mechanistic link between diet, microbiome composition, and cognitive outcomes (Morris et al., 2017).

Therapeutic Implications

Targeted manipulation of microbial metabolite production—via prebiotics, probiotics, synbiotics, and dietary interventions—holds potential for enhancing neuroprotection. Precision nutrition strategies aim to optimize SCFA production, maintain vitamin homeostasis, and mitigate TMAO-mediated vascular and neuroinflammatory effects, providing a mechanistic foundation for novel interventions in neurodegenerative disease prevention and management (Fan et al., 2023).

Probiotics, Prebiotics, and Psychobiotics

Modulation of the gut microbiome through probiotics, prebiotics, and psychobiotics represents a promising strategy for promoting cognitive health and mitigating neurodegenerative processes. These interventions influence microbial composition, metabolic output, and immune signaling, thereby affecting the gut–brain axis (Fekete et al., 2025; Fekete et al., 2024; Mikó et al., 2024).

Probiotics

Probiotics are live microorganisms which, when administered in adequate amounts, confer health benefits to the host. Strains of *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, and *Saccharomyces* have been shown to enhance gut barrier integrity, reduce systemic inflammation, and modulate microglial activity. Clinical studies report improvements in mood, anxiety, and cognitive performance following probiotic supplementation, likely mediated by SCFA production, neurotransmitter synthesis, and anti-inflammatory signaling.

Prebiotics

Prebiotics, such as galacto-oligosaccharides (GOS), fructo-oligosaccharides (FOS), and inulin, serve as substrates for beneficial gut bacteria. Fermentation of prebiotics increases SCFA production, enhances the growth of commensal taxa (e.g., *Bifidobacterium*, *Faecalibacterium*), and reduces pro-inflammatory microbial populations. Prebiotic supplementation has been associated with improved neurocognitive outcomes, including enhanced memory and executive function, through modulation of the gut–brain axis.

Psychobiotics

Psychobiotics are a subclass of probiotics and prebiotics that specifically confer mental health benefits. Mechanisms include modulation of the hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis, reduction of systemic and central inflammation, and regulation of neurotransmitter systems such as GABA, serotonin, and dopamine. Animal models and early human trials indicate that psychobiotics can reduce anxiety-like behaviors, alleviate depressive symptoms, and improve cognitive resilience under stress.

Mechanistic Insights

These microbiome-targeted interventions exert effects via multiple pathways:

- Enhancement of SCFA-mediated neuroprotection and neuroplasticity.
- Modulation of immune responses, reducing pro-inflammatory cytokine levels (IL-6, TNF-α) and increasing anti-inflammatory cytokines (IL-10, TGF-β).
- Regulation of the vagus nerve and ENS signaling, influencing stress responses and neurotransmitter balance.
- Modulation of microbial metabolite profiles, including neurotransmitter precursors and vitamins essential for CNS function.

Therapeutic Implications

Targeted use of probiotics, prebiotics, and psychobiotics offers a viable strategy for supporting neurocognitive function, preventing cognitive decline, and complementing conventional therapies for neurodegenerative diseases. Precision selection of microbial strains and prebiotic substrates, tailored to individual microbiome profiles, may optimize therapeutic outcomes and establish personalized microbiome-based interventions.

Precision Nutrition and Dietary Strategies

Precision nutrition aims to provide individualized dietary recommendations based on genetic, metabolic, and microbiome profiles, optimizing gut–brain axis function and reducing the risk of neurodegenerative diseases. By tailoring interventions to the host's unique characteristics, precision nutrition can modulate microbial composition, enhance beneficial metabolite production, and influence systemic and central inflammatory responses (Fekete et al., 2022).

Key Nutrients and Their Mechanisms

- **Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids (EPA and DHA):** Found in fatty fish, chia seeds, and flaxseed, omega-3 fatty acids incorporate into neuronal membranes, enhance synaptic plasticity, and reduce neuroinflammation through modulation of eicosanoid pathways and microglial activity.
- **Proteins and Amino Acids:** Lean meats, eggs, and legumes provide precursors for neurotransmitters, including serotonin, dopamine, and GABA, and support microbial metabolite production that influences CNS function.
- **Dietary Fibers and Prebiotics:** Whole grains, vegetables, fruits, and prebiotics such as inulin, FOS, and GOS are fermented by gut microbiota, generating SCFAs that regulate microglial maturation, maintain blood–brain barrier integrity, and modulate neuroinflammation.
- **Probiotics:** Fermented foods such as yogurt, kefir, and sauerkraut contribute to microbial diversity, enhance SCFA production, and modulate immune responses, supporting cognitive resilience.
- **Polyphenols and Antioxidants:** Berries, green tea, resveratrol, and quercetin exert neuroprotective effects by scavenging reactive oxygen species, reducing neuroinflammation, and supporting synaptic plasticity.

Integrated Dietary Approaches

- Dietary patterns that combine these nutrients, such as the Mediterranean diet, promote synergistic effects on the gut–brain axis. These patterns enhance anti-inflammatory signaling, protect DNA integrity, and support metabolic homeostasis, collectively contributing to the prevention of neurodegenerative diseases (Péter Varga, Andrea Lehoczki, et al., 2025).

Rapid and Individualized Effects

• Microbiome composition responds rapidly to dietary changes, often within 24–48 hours, emphasizing the importance of both nutrient quality and sustained dietary patterns. Fermentable fibers favor beneficial taxa, while excessive refined sugars can exacerbate dysbiosis. Integrating these insights into precision nutrition allows for personalized dietary interventions that optimize cognitive outcomes (Kok et al., 2023).

Clinical and Translational Implications

• Precision nutrition strategies, combined with microbiome modulation, offer a scientifically grounded framework for personalized interventions targeting neurodegenerative disease prevention. Ongoing studies aim to refine nutrient combinations, dosing, and timing to maximize SCFA production, reduce systemic and CNS inflammation, and preserve cognitive function (Jardon et al., 2022).

CONCLUSION

The gut–brain axis represents a critical interface through which the microbiome exerts profound influence on central nervous system function and neurodegenerative disease progression. Dysbiosis, characterized by altered microbial composition and reduced production of beneficial metabolites, contributes to neuroinflammation, blood–brain barrier disruption, and pathological protein aggregation, thereby exacerbating cognitive decline. Conversely, targeted modulation of the microbiome via probiotics, prebiotics, psychobiotics, and precision nutrition offers a promising avenue to enhance neuroprotection, support neuroplasticity, and preserve cognitive function.

Emerging evidence underscores the potential of personalized interventions that integrate genetic, metabolic, and microbiome profiles to optimize gut–brain communication and mitigate neurodegenerative processes. Precision nutrition and microbiome-targeted strategies provide a mechanistic framework for individualized dietary and microbial therapies, emphasizing the importance of nutrient quality, microbial metabolite production, and systemic anti-inflammatory effects.

Future research should prioritize longitudinal, large-scale clinical trials to establish causal relationships between microbiome composition, metabolite profiles, and neurocognitive outcomes. Moreover, elucidating the molecular mechanisms through which microbial metabolites influence CNS pathways will be essential for the development of targeted, efficacious interventions. Integration of multi-omics approaches, including metagenomics, metabolomics, and nutrigenomics, will enable refinement of personalized therapeutic strategies, paving the way for innovative, precision-based approaches to prevent and manage neurodegenerative diseases. In conclusion, the gut–brain axis and the microbiome represent compelling targets for translational research and clinical application. By harnessing the interplay between diet, microbial communities, and CNS function, future interventions hold the promise of delaying or preventing the onset of neurodegenerative disorders while promoting overall cognitive health.

References

Ahmed, H., Leyrolle, Q., Koistinen, V., Kärkkäinen, O., Layé, S., Delzenne, N., & Hanhineva, K. (2022). Microbiota-derived metabolites as drivers of gut–brain communication. Gut microbes, 14(1), 2102878.

Arrona Cardoza, P., Spillane, M. B., & Morales Marroquin, E. (2022). Alzheimer's disease and gut microbiota: does trimethylamine N-oxide (TMAO) play a role? Nutrition reviews, 80(2), 271-281.

Bairamian, D., Sha, S., Rolhion, N., Sokol, H., Dorothée, G., Lemere, C. A., & Krantic, S. (2022). Microbiota in neuroinflammation and synaptic dysfunction: a focus on Alzheimer's disease. Molecular neurodegeneration, 17(1), 19.

Balasubramanian, P., Kiss, T., Gulej, R., Nyul Toth, A., Tarantini, S., Yabluchanskiy, A., Ungvari, Z., & Csiszar, A. (2024). Accelerated aging induced by an unhealthy high-fat diet: initial evidence for the role of Nrf2 deficiency and impaired stress resilience in cellular senescence. Nutrients, 16(7), 952.

Białecka-Dębek, A., Granda, D., Szmidt, M. K., & Zielińska, D. (2021). Gut microbiota, probiotic interventions, and cognitive function in the elderly: a review of current knowledge. Nutrients, 13(8), 2514.

Cao, X., Peng, H., Hu, Z., Xu, C., Ning, M., Zhou, M., Mi, Y., Yu, P., Fazekas-Pongor, V., Major, D., Ungvari, Z., Fekete, M., Lehoczki, A., & Guo, Y. (2025). Exploring the global impact of obesity and diet on dementia burden: the role of national policies and sex differences. GeroScience, 47(1), 1345-1360. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01457-w

Di Napoli, A., Pasquini, L., Visconti, E., Vaccaro, M., Rossi-Espagnet, M. C., & Napolitano, A. (2025). Gut-brain axis and neuroplasticity in health and disease: a systematic review. La radiologia medica, 130(3), 327-358.

Doroszkiewicz, J., Groblewska, M., & Mroczko, B. (2021). The role of gut microbiota and gut–brain interplay in selected diseases of the central nervous system. International journal of molecular sciences, 22(18), 10028.

Fan, S., Zhang, Z., Zhao, Y., Daglia, M., Zhang, J., Zhu, Y., Bai, J., Zhu, L., & Xiao, X. (2023). Recent advances in targeted manipulation of the gut microbiome by prebiotics: From taxonomic composition to metabolic function. Current Opinion in Food Science, 49, 100959.

Fekete, M., Csípő, T., Fazekas-Pongor, V., Bálint, M., Csizmadia, Z., Tarantini, S., & Varga, J. T. (2023). The possible role of food and diet in the quality of life in patients with COPD—a state-of-the-art review. Nutrients, 15(18), 3902.

Fekete, M., Lehoczki, A., Kryczyk-Poprawa, A., Zábó, V., Varga, J. T., Bálint, M., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Rząsa-Duran, E., & Varga, P. (2025). Functional Foods in Modern Nutrition Science: Mechanisms, Evidence, and Public Health Implications. Nutrients, 17(13), 2153.

Fekete, M., Lehoczki, A., Major, D., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Tarantini, S., Csizmadia, Z., & Varga, J. T. (2024). Exploring the influence of gut–brain axis modulation on cognitive health: A comprehensive review of prebiotics, probiotics, and symbiotics. Nutrients, 16(6), 789.

Fekete, M., Lehoczki, A., Tarantini, S., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Csizmadia, Z., & Varga, J. T. (2023). Improving Cognitive Function with Nutritional Supplements in Aging: A Comprehensive Narrative Review of Clinical Studies Investigating the Effects of Vitamins, Minerals, Antioxidants, and Other Dietary Supplements. Nutrients, 15(24). https://doi.org/10.3390/nu15245116

Fekete, M., Szarvas, Z., Fazekas-Pongor, V., Feher, A., Csipo, T., Forrai, J., Dosa, N., Peterfi, A., Lehoczki, A., & Tarantini, S. (2022). Nutrition strategies promoting healthy aging: From improvement of cardiovascular and brain health to prevention of age-associated diseases. Nutrients, 15(1), 47.

Fekete, M., Szarvas, Z., Fazekas-Pongor, V., Fehér, Á., & Varga, J. T. (2021). Az emberi szervezetben élő baktériumok klinikai jelentősége a gyakorlatban. Egészségfejlesztés, 62(4), 31-43.

Fekete, M., Varga, P., Ungvari, Z., Fekete, J. T., Buda, A., Szappanos, Á., Lehoczki, A., Mózes, N., Grosso, G., & Godos, J. (2025). The role of the Mediterranean diet in reducing the risk of cognitive impairement, dementia, and Alzheimer's disease: a meta-analysis. GeroScience, 1-20.

Fekete, M., Liotta, E. M., Molnar, T., Fülöp, G. A., & Lehoczki, A. (2025). The role of atrial fibrillation in vascular cognitive impairment and dementia: epidemiology, pathophysiology, and preventive strategies. GeroScience, 47(1), 287–300. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01290-1

Glinert, A., Turjeman, S., Elliott, E., & Koren, O. (2022). Microbes, metabolites and (synaptic) malleability, oh my! T he effect of the microbiome on synaptic plasticity. Biological Reviews, 97(2), 582-599.

Jardon, K. M., Canfora, E. E., Goossens, G. H., & Blaak, E. E. (2022). Dietary macronutrients and the gut microbiome: a precision nutrition approach to improve cardiometabolic health. Gut, 71(6), 1214-1226.

Kok, C. R., Rose, D., & Hutkins, R. (2023). Predicting personalized responses to dietary fiber interventions: opportunities for modulation of the gut microbiome to improve health. Annual review of food science and technology, 14(1), 157-182.

Madarász, B., Fazekas-Pongor, V., Szarvas, Z., Fekete, M., Varga, J. T., Tarantini, S., Csiszar, A., Lionetti, V., Tabák, A. G., & Ungvari, Z. (2024). Survival and longevity of European rulers: Geographical influences and exploring potential factors, including the Mediterranean diet—A historical analysis from 1354 to the twentieth century. GeroScience, 46(4), 3801-3818.

Lehoczki, A., Menyhart, O., Andrikovics, H., Fekete, M., Kiss, C., Mikala, G., Ungvari, Z., & Győrffy, B. (2025). Prognostic impact of a senescence gene signature in multiple myeloma. GeroScience, 47(3), 5025–5037. https://doi.org/10.1007/s11357-025-01622-9

MAHAMMAD, R. I., HAJERA HAFEEZ, M. N. D., MEKALA, K. P., & TIWARI, R. (2025). A Textbook of HUMAN ANATOMY AND PHYSIOLOGY-II. Shashwat Publication.

Mikó, E., Sipos, A., Tóth, E., Lehoczki, A., Fekete, M., Sebő, É., Kardos, G., & Bai, P. (2024). Guideline for designing microbiome studies in neoplastic diseases. GeroScience, 46(5), 4037-4057.

Morris, G., Berk, M., Carvalho, A., Caso, J. R., Sanz, Y., Walder, K., & Maes, M. (2017). The role of the microbial metabolites including tryptophan catabolites and short chain fatty acids in the pathophysiology of immune-inflammatory and neuroimmune disease. Molecular neurobiology, 54(6), 4432-4451.

Mostafavi Abdolmaleky, H., & Zhou, J.-R. (2024). Gut microbiota dysbiosis, oxidative stress, inflammation, and epigenetic alterations in metabolic diseases. Antioxidants, 13(8), 985.

Mou, Y., Du, Y., Zhou, L., Yue, J., Hu, X., Liu, Y., Chen, S., Lin, X., Zhang, G., & Xiao, H. (2022). Gut microbiota interact with the brain through systemic chronic inflammation: implications on neuroinflammation, neurodegeneration, and aging. Frontiers in immunology, 13, 796288.

Mukli, P., Muranyi, M., Lipecz, Á., Szarvas, Z., Csípő, T., Ungvari, A., Fekete, M., Fazekas-Pongor, V., Peterfi, A., Fehér, Á., Dosa, N., Mózes, N., Kaposvári, C., Aliquander, A., Hung, W. Y., Major, D., Kaposzta, Z., Matiscsák, A., Dörnyei, G., . . . Ungvari, Z. (2025). Age-related and dual task-induced gait alterations and asymmetry: optimizing the Semmelweis Study gait assessment protocol. GeroScience. https://doi.org/10.1007/s11357-025-01722-6

Olejnik, P., Golenia, A., & Małyszko, J. (2025). The Potential Role of Microbiota in Age-Related Cognitive Decline: A Narrative Review of the Underlying Molecular Mechanisms. International journal of molecular sciences, 26(4), 1590.

Olteanu, G., Ciucă-Pană, M.-A., Busnatu, Ș. S., Lupuliasa, D., Neacșu, S. M., Mititelu, M., Musuc, A. M., Ioniță-Mîndrican, C.-B., & Boroghină, S. C. (2024). Unraveling the microbiome–human body axis: a comprehensive examination of therapeutic strategies, interactions and implications. International journal of molecular sciences, 25(10), 5561.

Padhi, P., Worth, C., Zenitsky, G., Jin, H., Sambamurti, K., Anantharam, V., Kanthasamy, A., & Kanthasamy, A. G. (2022). Mechanistic insights into gut microbiome dysbiosis-mediated neuroimmune dysregulation and protein misfolding and clearance in the pathogenesis of chronic neurodegenerative disorders. Frontiers in neuroscience, 16, 836605.

Pandics, T., Major, D., Fazekas-Pongor, V., Szarvas, Z., Peterfi, A., Mukli, P., Gulej, R., Ungvari, A., Fekete, M., & Tompa, A. (2023). Exposome and unhealthy aging: environmental drivers from air pollution to occupational exposures. GeroScience, 1-28.

Pistollato, F., Sumalla Cano, S., Elio, I., Masias Vergara, M., Giampieri, F., & Battino, M. (2016). Role of gut microbiota and nutrients in amyloid formation and pathogenesis of Alzheimer disease. Nutrition reviews, 74(10), 624-634.

Powell, N., Walker, M. M., & Talley, N. J. (2017). The mucosal immune system: master regulator of bidirectional gut–brain communications. Nature reviews Gastroenterology & hepatology, 14(3), 143-159.

Shang, Z., Pai, L., & Patil, S. (2024). Unveiling the dynamics of gut microbial interactions: a review of dietary impact and precision nutrition in gastrointestinal health. Frontiers in Nutrition, 11, 1395664.

Silva, Y. P., Bernardi, A., & Frozza, R. L. (2020). The role of short-chain fatty acids from gut microbiota in gut-brain communication. Frontiers in endocrinology, 11, 508738.

Stankovics, L., Ungvari, A., Fekete, M., Nyul-Toth, A., Mukli, P., Patai, R., Csik, B., Gulej, R., Conley, S., Csiszar, A., & Toth, P. (2025). The vasoprotective role of IGF-1 signaling in the cerebral microcirculation: prevention of cerebral microhemorrhages in aging. GeroScience, 47(1), 445-455.

Ungvari, Z., Menyhart, O., Lehoczki, A., Fekete, M., Fazekas-Pongor, V., Ocana, A., Varga, P., & Győrffy, B. (2025). NRF2 pathway activation predicts poor prognosis in lung cancer: a cautionary note on antioxidant interventions. GeroScience, 10.1007/s11357-025-01736-0. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s11357-025-01736-0

Ungvari, Z., Fekete, M., Fekete, J. T., Grosso, G., Ungvari, A., & Győrffy, B. (2024). Adherence to the Mediterranean diet and its protective effects against colorectal cancer: a meta-analysis of 26 studies with 2,217,404 participants. GeroScience, 1-17.

Ungvari, Z., Fekete, M., Varga, P., Fekete, J. T., Buda, A., Szappanos, Á., Lehoczki, A., Mózes, N., Grosso, G., Menyhart, O., Munkácsy, G., Tarantini, S., Yabluchanskiy, A., Ungvari, A., & Győrffy, B. (2025). Impact of adherence to the Mediterranean diet on stroke risk. GeroScience, 47(3), 3565-3581. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01491-8

Ungvari, Z., Fekete, M., Varga, P., Lehoczki, A., Munkácsy, G., Fekete, J. T., Bianchini, G., Ocana, A., Buda, A., & Ungvari, A. (2025). Association between red and processed meat consumption and colorectal cancer risk: A comprehensive meta-analysis of prospective studies. GeroScience, 1-18.

Ungvari, Z., Fekete, M., Varga, P., Munkácsy, G., Fekete, J. T., Lehoczki, A., Buda, A., Kiss, C., Ungvari, A., & Győrffy, B. (2025). Exercise and survival benefit in cancer patients: evidence from a comprehensive meta-analysis. GeroScience, 1-21.

Ungvari, Z., Menyhart, O., Lehoczki, A., Fekete, M., Bianchini, G., & Győrffy, B. (2025). PCSK9 expression and cancer survival: a prognostic biomarker at the intersection of oncology and geroscience. GeroScience, 10.1007/s11357-025-01733-3. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s11357-025-01733-3

Varga, P., Lehoczki, A., Fekete, M., Jarecsny, T., Kryczyk-Poprawa, A., Zábó, V., Major, D., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., & Varga, J. T. (2025). The Role of Magnesium in Depression, Migraine, Alzheimer's Disease, and Cognitive Health: A Comprehensive Review. Nutrients, 17(13), 2216.

Fazekas-P Vince, Zoltán, U., & Mónika, F. " Táplálkozási stratégiák az egészséges öregedésért: krónikus, életkorral összefüggő betegségek. Scientific Journal of the Hungarian Association of Gerontology and Geriatrics, 4.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PROTEIN CARBONYLATION IN HUMAN DISEASES

EMMANUEL CHIDIEBELE OFORGU
Department of Applied Biochemistry, Faculty of Biosciences, Nnamdi Azikiwe University

SUPERVISOR: PROF. EZEKWESILI J. OFILI
Department of Applied Biochemistry, Faculty of Biosciences, Nnamdi Azikiwe University

ABSTRACT
Oxidative modifications of enzymes and structural proteins play a significant role in the aetiology and/or progression of several human diseases. Protein carbonyl content is the most general and well-used biomarker of severe oxidative protein damage. Human diseases associated with protein carbonylation include Alzheimer's disease, chronic lung disease, chronic renal failure, diabetes and sepsis. Rapid recent progress in the identification of carbonylated proteins should provide new diagnostic (possibly pre-symptomatic) biomarkers for oxidative damage, and yield basic information to aid the establishment of an efficacious antioxidant therapy. The origin and consequences of oxidative stress in diseases and the products of the oxidative modifications of proteins were highlighted in this review.

INTRODUCTION
There is a large body of evidence revealing the role of reactive oxygen species (ROS) in several pathologies (Thannickal et al., 2015). ROS are generated as by-products of cellular metabolism, primarily in the mitochondria. Small (physiological) amounts of ROS are a cellular requirement, because they are involved in signalling pathways (inducing and regulating a variety of cellular activities, including cytokine secretion, growth, differentiation and gene expression) and in the defence against invading pathogens. However, ROS have the potential to induce significant biological damage and, hence, cells possess many antioxidant systems for scavenging or otherwise eliminating them. Under physiological conditions, there is a well-managed balance between formation and neutralization of ROS by these systems. Oxidative stress can occur when ROS production is accelerated (e.g. inappropriate activation of phagocytes in chronic inflammatory diseases) or when the mechanisms involved in maintaining the normal reductive cellular milieu are impaired (e.g. mutations affecting antioxidant defence enzymes as in 15–20% of patients with familial amyotrophic lateral sclerosis, who carry mutations in the gene encoding the Cu/Zn-superoxide dismutase (SOD) or a depletion of antioxidants) (Fig. 1). Increased production of ROS is thought to occur more frequently than diminished antioxidant defence, and has been postulated to play a role in the pathogenesis of several diseases. However, in many human diseases, it is not clear whether oxidative stress is the cause or the consequence of the primary disease process. ROS can damage all types of biomolecules, and oxidative damage to DNA, lipids and proteins can be deleterious and concomitant. The primary cellular target of oxidative stress depends upon the cell type, the nature of the stress imposed (radical or non-radical oxidant), the site of generation (intra- or extra- cellular), the proximity of ROS to a specific target, and the severity of the stress.
Many different types of protein oxidative modification (Table 1) can be induced directly by ROS or indirectly by reactions of secondary by-products of oxidative stress (Davies et al., 2016). Cysteine and methionine are particularly prone to oxidative attack by almost all ROS.

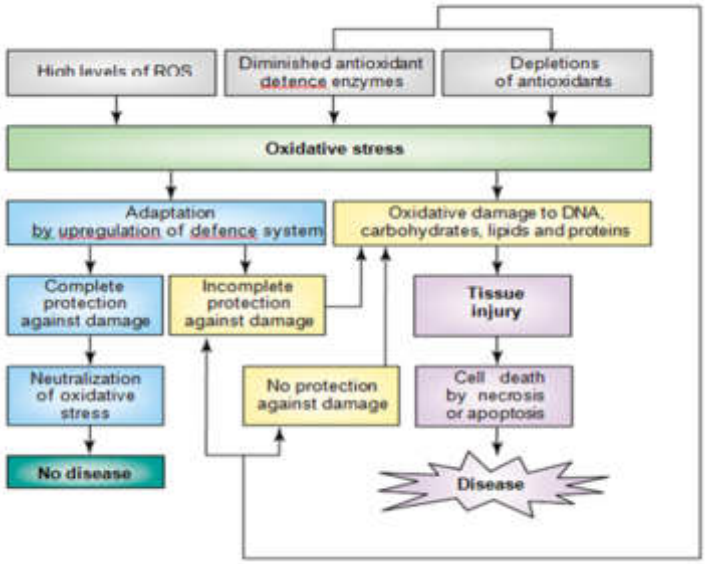


Fig. 1. Origins and consequences of oxidative stress in disease (Thannickal et al., 2015).

Reactive oxygen species (ROS) are constantly generated inside cells by oxidase enzymes and by dismutation of the superoxide anion, and their intended functions range from host defence to signal transduction. There are several cellular systems that eliminate ROS, thereby balancing the ratio between generation and detoxification of ROS, including antioxidant enzymes such as catalases, superoxide dismutases, peroxiredoxins and glutathione peroxidases, and low-molecular-weight compounds such as vitamin E (α-tocopherol), vitamin C (ascorbic acid) and glutathione. However, endogenous and exogenous triggers can cause the overproduction of ROS or the impairment of antioxidant defence systems, leading to a deleterious condition known as 'oxidative stress'. Adaptive upregulation of defence systems can protect against damage, either completely or partially, but oxidative-stress-mediated damage to all types of biological macromolecules often leads to tissue injury, and eventually to cell death by necrosis or apoptosis.

Table 1. Some oxidative modifications of proteins (Davies et al., 2016)

Amino acid	Products
Cysteine	Oxidation of a sulphydryl group (Cys-SH) to form sulphenic (Cys-SOH), sulphinic (Cys-SO_2H) or sulphonic (Cys-SO_3H) derivatives Formation of a disulphide bond (Cys-S-S-Cys) between two nearby Cys residues within a protein (intramolecular cross-linking) or between two proteins (intermolecular cross-linking) Formation of a mixed disulphide (Cys-S-S-glutathione) between a sulphydryl group and glutathione (*S*-glutathionylation)
Glutamic acid, tyrosine, lysine, leucine, valine, proline, isoleucine	Hydroperoxide
Histidine	2-oxo-histidine
Lysine, arginine, proline, threonine	Formation of carbonyl derivatives by direct oxidative attack on amino-acid side chains (α-aminoadipic semialdehyde from Lys, glutamic semialdehyde from Arg, 2-pyrrolidone from Pro, and 2-amino-3- ketobutyric acid from Thr)
Lysine, cysteine, histidine	Formation of carbonyl derivatives by secondary reaction with reactive carbonyl compounds derived from oxidation of carbohydrates (glycoxidation products), lipids (malondialdehyde, 4-hydroxynonenal, acrolein) and advanced glycation and lipoxidation end products
Methionine	Methionine sulphoxide
Phenylalanine	*o*-tyrosine, *m*-tyrosine
Tryptophan	*N*-formylkynureine, kynureine, 5-hydroxytryptophan, 7-hydroxytryptophan
Tyrosine	3,4-dihydroxyphenylalanine, 3-chlorotyrosine, 3-nitrotyrosine, dityrosine (Tyr-Tyr cross-links)

Protein modifications elicited by direct oxidative attack on Lys, Arg, Pro or Thr, or by secondary reaction of Cys, His or Lys residues with reactive carbonyl compounds (RCOs), can lead to the formation of protein carbonyl (PCO) derivatives (aldehydes and ketones) (Fig. 2). Studies of the formation of PCOs cannot differentiate between those produced through direct protein oxidation and those formed by the addition of previously oxidized molecules, and hence PCOs must be considered as a broad marker of oxidation. Carbonyls are relatively difficult to induce compared with methionine sulphoxide and cysteinyl derivatives, and might therefore indicate a more severe oxidative stress. Indeed, elevated levels of PCOs are generally assign not only of oxidative stress but also of disease-derived protein dysfunction.

PCOs have a major advantage over lipid peroxidation products as markers of oxidative stress: oxidized proteins are generally more stable. PCOs form early and circulate in the blood for longer periods (their elevation in serum is stable for at least four hours (Cabiscol et al., 2016), compared with other parameters of oxidative stress, such as glutathione disulphide and malondialdehyde. The formation of PCOs seems to be a common phenomenon during oxidation, and their quantification can be used to measure the extent of oxidative modification. This has prompted the development of various sensitive biochemical (spectrophotometric and fluorometric) and immunological (western blot, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and proteomics) methods for the detection and measurement of PCOs in human tissues and body fluids. PCO content is the most general indicator and by far the most commonly used marker of protein oxidation (Dalle-Donne et al., 2015). Because the mechanisms of PCO generation are nonspecific, it has been argued that other protein modifications, such as the conversion of tyrosine residues to 3-chlorotyrosine, 3-nitrotyrosine or dityrosine, are better markers of oxidative stress. However, the tissue levels of such markers are orders of magnitude lower than the overall carbonyl content and hence, their measurement often requires highly sensitive and expensive methods.

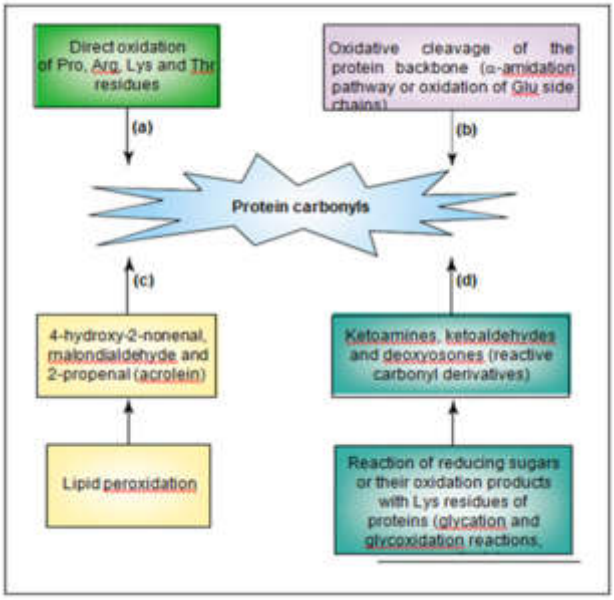


Fig. 2. The production of protein carbonyls (aldehydes and ketones)(Stadtman, 2017).

(a) This can arise from direct oxidation of amino-acid side chains (Pro, Arg, Lys, and Thr), resulting in the formation of 2-pyrrolidone from proline, glutamic semialdehyde from arginine and proline, α-aminoadipic semialdehyde from lysine, and 2-amino-3-ketobutyric acid from threonine residues.
(b) Protein carbonyl derivatives can also be generated through oxidative cleavage of proteins, via the α-amidation pathway or through oxidation of glutamine side chains, leading to the formation of a peptide in which the N-terminal amino acid is blocked by an α-ketoacyl derivative.
(c) The introduction of carbonyl groups into proteins can occur by Michael addition reactions of α,β-unsaturated aldehydes, such as 4-hydroxy-2-nonenal, malondialdehyde and 2-propenal (acrolein), derived from lipid peroxidation, with either the amino group of lysine, the imidazole moiety of histidine, or the sulphydryl group of cysteine (advanced lipoxidation end products).
(d) Carbonyl groups can also be introduced into proteins by addition of reactive carbonyl derivatives (ketoamines, ketoaldehydes and deoxyosones), produced by the reaction of reducing sugars or their oxidation products, to the amino group of lysine residues, by mechanisms referred to as glycation and glycoxidation. This eventually yields advanced glycation end products, such as carboxymethyllysine and pentosidine.

In this review, selected diseases in which elevated levels of PCOs have been reported recently were centered on. In some cases, these elevations correlate well with the progression or severity of the disease.

ALZHEIMER'S DISEASE

Alzheimer's disease (AD) is the most common form of adult dementia, with aging being its chief risk factor. The neuropathological hallmarks of AD are the presence, in cerebral cortex and hippocampus, of intracellular neurofibrillary tangles (NFT) of hyperphosphorylated microtubule-associated protein tau, and of extracellular deposits of amyloid β-peptides (senile plaques) derived from larger transmembrane proteins (amyloid precursor proteins).

Oxidative stress has a major role in the pathogenesis of AD, manifested by protein oxidation, lipid peroxidation and ROS formation. Whether oxidative stress is a primary or secondary event, it is clearly an important neurodegenerative element, which might contribute to neuronal loss (Requena, et al., 2013).

Oxidative damage is common in the aging brain but is more severe in AD. PCO content was shown to be increased by 42% in AD hippocampus and by 37% in AD inferior parietal lobule, relative to AD cerebellum, a brain region that shows little degenerative change in AD (whereas the other two regions are rich in β-amyloid plaques) (Esterbauer et al., 2015). PCO levels in control hippocampus and inferior parietal lobule were similar to control cerebral levels. Therefore, proteins in AD brain appear to be more carbonylated than in age-matched controls, and mainly in regions that contain severe histopathological alterations (although PCOs increase in both the cell bodies of neurons without visible pathomorphological changes and the cell bodies of neurons with neurofibrillary abnormalities). Furthermore, carbonyl levels correlate well with NFT (Refsgaard et al., 2018)

The in vivo carbonylation of the neurofilament heavy (NFH) subunit suggests that carbonyl modification is associated with a generalized cytoskeletal abnormality that could be crucial in AD neurofibrillary pathology. However, this 'pathological' response (the modification of the NFH subunit by carbonyls) and the pathological lesions of the disease (senile plaques and NFT) could be a part of the cellular defence, playing a role in the protection of neurons from oxidation (Dalle-Donne et al., 2015). Intriguingly, although NFH has a long half-life, the extent of carbonyl modification does not change throughout the normal aging process, or along the length of the axon, and NFH might be uniquely adapted as a carbonyl scavenger, owing to its high lysine content. It is tempting to consider NFH carbonylation as an augmentation of the neuronal defences that are important in protecting the axon (the major site of neurofilaments) from reactive aldehydes, which are among the most toxic products of oxidation. The slow turnover rate of proteins in the axon (up to several years) might necessitate this protection.

Degradation of oxidized proteins is normally enhanced, mainly via the proteasomal system. Furthermore, neuronal proteins can be synthesized locally in dendrites near synaptic sites as well as in the axon (Dalle-Donne et al., 2015). These observations might undermine the suggestion that carbonylation is necessary for protecting neuronal-process proteins, because it is possible that these proteins are synthesized locally, independent of cell-body protein synthesis. However, the proteasome might be at least partially inactivated by oxidants, particularly during aging, and the translation machinery is also affected by carbonylation (Jana et al., 2012). Hence, a 'protective' role for neuronal protein carbonylation cannot be ruled out. Identification of specific targets of protein oxidation will be crucial for establishing a relationship between oxidative modification and neuron death. Two-dimensional gel fingerprinting, coupled to immunochemical detection of PCOs, has led to the identification of creatine kinase BB and β-actin as brain proteins that are specifically carbonylated in AD.

Proteomic analysis has identified other specific targets of protein carbonylation, such as glutamine synthase, ubiquitin C-terminal hydrolase L-1, dihydropyrimidinase-related-protein-2 (which is involved in axonal growth and guidance) and α-enolase. The identification of these carbonylation targets has suggested plausible mechanisms for neurodegeneration in AD brain: energy depletion (creatine kinase and α-enolase), inhibition of proteasomal degradation of damaged, misfolded or aggregated proteins (ubiquitin C-terminal hydrolase L-1), shortening of dendritic length with consequent decreased interneuronal communication (i.e. impaired memory), and excitotoxicity (glutamine synthase).

CHRONIC LUNG DISEASE

Several different environmental and infectious stimuli have been implicated in the initiation of the lung injury that culminates in chronic lung disease (CLD), but the most important are mechanical ventilation and oxygen toxicity. Pre-term infants are often exposed to increased oxidative stress, owing to supra-physiological oxygen concentrations (hyperoxia), in combination with low surfactant concentrations, reduced antioxidant defences, and decreased ability to induce antioxidant enzymes. Of infants weighing ,1.5 kg, 15–25% develop bronchopulmonary dysplasia (BPD), a CLD that develops after prolonged acute lung injury and appears to evolve partly from early inflammatory responses in the lung. The molecular mechanisms of hyperoxia-induced lung injury (including that to vascular endothelium) and cell death are complex, and are regulated by the generation of high levels of ROS, cytokine-mediated inflammation, loss of antioxidant defence mechanisms, and modulation of the signal transduction pathways that regulate expression of stressresponsive and apoptotic-regulatory genes (Yan et al., 2017).

Oxidative damage to pulmonary-fluid proteins can be quantified in terms of carbonyl content in samples obtained during routine suctioning of neonates receiving ventilation. The amount of carbonylated proteins can provide a quantitative assessment of oxygen toxicity and of pulmonary antioxidant defences (Yan et al., 2017).

Oxidative stress in the lungs of pre-term babies undergoing ventilation, especially those who subsequently developed CLD, has been demonstrated in bronchoalveolar lavage (BAL) fluid (Das et al., 2015). Premature babies show high concentrations of PCOs, ascorbate and urate during the first 72 h of life, which then fall progressively over the next six days. A similar increase in PCOs observed in tracheal aspirates correlates strongly with myeloperoxidase activity, suggesting a possible contribution by neutro- phil-derived ROS to the lung injury (Cabiscol et al., 2014).

Increased carbonylation of Clara-cell secretory protein (CCSP), and decreased expression of CCSP, were observed more consistently in tracheal aspirate fluids from infants who later developed BPD than from infants who did not develop BPD. This suggests that Clara-cell function and CCSP expression might be crucial for normal bronchoalveolar-fluid homeostasis, and that maintenance of CCSP concentration and function could be useful targeted therapies for inhibition of BPD development. Furthermore, it is possible that early alterations in CCSP oxidation or expression could be used to identify subsets of premature babies with greater sensitivities to lung oxidant stresses and to the development of adverse pulmonary outcomes.

CHRONIC RENAL FAILURE

Oxidative stress has been implicated in the progression of renal diseases, and dialysis patients combine a massive generation of ROS during each dialysis session with a chronic deficiency in the major antioxidant systems.

Oxidative stress in patients with chronic renal failure (CRF) and in patients on chronic haemodialysis therapy is manifested in an increase in plasma protein oxidation, including PCO formation and thiol-group oxidation, with albumin being the major target (Ghezzo et al., 2016). Oxidation of albumin, which is an important plasma antioxidant, decreases plasma antioxidant defences, and hence this patient population is at considerable risk of oxidant-stress-induced tissue injury and cardiovascular disease. Furthermore, patients that have CRF with proteinuria show increased carbonylation of urinary protein compared with plasma protein, and urinary albumin is the major target, showing a 71% increase in carbonylation relative to plasma albumin. Muscle weakness and reduced exercise capacity are frequent complaints of patients with chronic uraemia. Increased oxidative damage to proteins and lipids from skeletal muscle has been observed in uremic patients on haemodialysis, suggesting a role for oxidative damage in the pathogenesis of skeletal myopathy in haemodialysed patients (Aguilaniu et al., 2017). Advanced glycation end-product (AGE) and advanced lipoxidation end-product (ALE) levels in plasma and matrix proteins are elevated to several times those of normal subjects. The accumulation of reactive dicarbonyl compounds and/or of glycoxidation and lipoxidation products is termed ‘carbonyl stress’. Hence, uraemia is associated with carbonyl overload (carbonyl stress), caused by excess oxidative formation of reactive carbonyl groups in proteins, lipids and carbohydrates, and the attendant irreversible protein modifications that might have a role in long-term complications associated with CRF and haemodialysis, such as dialysis-related amyloidosis and arteriosclerosis. Carbonyl stress has also been observed in diabetes and arteriosclerosis, and has been implicated in the accelerated vascular damage observed in both of these conditions (Fredriksson et al., 2015).

DIABETES

Diabetes mellitus is one of the most common chronic diseases and is characterized by elevated blood glucose and urinary glucose excretion. Sufferers are predisposed to markedly increased cardiovascular mortality and to the development of nephropathy, neuropathy and retinopathy. The prevalence of type-II (non-insulin dependent) diabetes among adults varies from, 5% to 40% for different populations. Type-I (juvenile-onset) diabetes is less common.

Elevated PCO levels have been detected in both type-I and type-II diabetes (Aldini et al., 2015): in arteriosclerotic tissues, in the thickened intima of arterial walls, and co-localized with glycoxidation and lipoxidation products. In addition, AGEs and ALEs accumulate in the characteristic diabetic glomerular lesions, such as the expanded mesangial matrix and nodular lesions. The rate of AGE and ALE accumulation is related to the severity of complications (neuropathy, nephropathy, retinopathy and lens disorders), and their concentration also rises linearly with age and correlates with the severity of microvascular disease (Ballesteros et al., 2013). AGEs exist in very young healthy children but diabetic individuals have much higher concentrations. Carbonyl stress might result from hyperglycaemia (lipidaemia), oxidative stress and/or impaired detoxification of RCOs. Treatment of carbonyl stress in diabetes, as well as in uraemia and arteriosclerosis, offers new therapeutic approaches, including redox modulation, PCO detoxification and inhibition of carbonyl stress. Widely used hypotensive agents, such as angiotensin-converting-enzyme inhibitor and angiotensin-II-receptor antagonist, are potentially useful treatments, because they do not produce the side effects (vitamin B6 deficiency and neurotoxicity) typical of the first generation of carbonyl-stress inhibitors, such as aminoguanidine, which function as RCO-trapping agents.

The newer compounds act on the production of RCO precursors by scavenging a variety of radicals and altering oxidative stress.

An imbalance in the oxidant:antioxidant ratio (systemic oxidative stress) is already present upon early onset of type-I diabetes and increases into early adulthood. Plasma PCO levels are significantly higher in diabetic children and adolescents without complications compared with control subjects, indicating that oxidative protein damage occurs at the onset of disease and tends to increase in the later stages. Furthermore, decreased antioxidant defences might increase the susceptibility of diabetic patients to oxidative injury. Protein carbonylation in young type-I diabetic patients that are clinically free of complications was confirmed in other studies (Dalle-Donne et al., 2015). This work also showed that type-I diabetic patients with complications have higher plasma PCO levels than patients without complications. There are no significant differences between diabetic patients with and without complications in the levels of other markers of oxidative protein damage (nitrotyrosine and protein thiols). Patients with type-II diabetes without complications also show an increased concentration of plasma PCOs compared with controls, but no significant differences in plasma thiol concentration. PCO increases are also well correlated with the ophthalmic complications observed in diabetes (Neely et al., 2009).

SEPSIS

Sepsis is a complex syndrome caused primarily by overwhelming release of bacterial endotoxin from Gram-negative organisms. This occurs secondary to inflammatory responses, including production of tumour necrosis factor a, which induces the release of ROS, reinforcing the level of oxidative stress and protein damage. In infants and immunocompromised patients, septicaemia carries an almost 50% mortality rate, and effective therapies have remained elusive until recently.

Winterbourn and co-workers investigated whether oxidative injury occurs in patients who are critically ill with severe sepsis or major trauma (Wataya et al., 2012). They collected plasma and BAL fluid regularly during the first 10 days following trauma or the onset of sepsis, and both fluids were analysed for PCO concentrations (as a measure of protein oxidation) and for thiobarbituric-acid-reactive substances (TBARS) (as a measure of lipid peroxidation). In both patient groups, PCO concentrations were initially highly elevated compared with those of healthy adults, in both the plasma and BAL fluid, indicating that oxidation is not restricted to the lungs. PCOs fell significantly within the first few days but remained above control values. There was a strong correlation between carbonyl concentrations in lavage fluid and plasma, and between PCOs, TBARS and myeloperoxidase (an index of neutrophil activation) in the lungs, indicating that neutrophil oxidants could be responsible for the injury. These results provide evidence of early oxidation in severe sepsis and major trauma patients, with PCOs being a sensitive index of this process. A recent study has confirmed that severe sepsis results in carbonylation of plasma proteins (Oh-Ishi et al., 2013).

Protein carbonylation has been associated with important functional alterations in a variety of structural and enzymatic proteins. For example, actin carbonylation is a sign of severe functional impairment associated with filament disruption, and occurs at an extent of oxidative insult higher than that causing the oxidation of methionine residues crucial for actin function. This suggests that methionine oxidation could be a damaging event that precedes the actin carbonylation observed in AD, inflammatory bowel disease and rat myocardial ischaemia. Interestingly, a significant decline in the activity of methionine-sulphoxide reductase (which regenerates methionine residues within oxidized proteins, thereby restoring function) has been observed in AD brain regions showing a significant PCO elevation (Nguyen et al., 2015).

The potential involvement of ROS in the pathogenesis of several diseases suggests that free-radical scavengers and antioxidants might have therapeutic uses. Although there is significant experimental evidence demonstrating the protective effects of antioxidants in *in-vitro* models (for example of neurodegeneration) and in some animal models, the clinical evidence for such protection is relatively scarce and/or controversial.

Several free-radical scavengers, such as vitamin E, selegiline (a monoamine-oxidase inhibitor) and Ginkgo biloba extract EGb 761, have produced positive therapeutic results in AD, as have anti-inflammatory drugs, oestrogens and desferrioxamine (an iron-chelating agent), all of which have an antioxidant effect. With regard to carbonyl stress, possible therapeutic interventions to limit carbonyl toxicity (both genetically and pharmacologically) are currently being explored. These strategies could be employed as interventions during disease progression or as preventive measures.

By contrast with AD, there is no clear evidence for a beneficial effect of α-tocopherol (a form of vitamin E) or selegiline in patients with amyotrophic lateral sclerosis, even though levels of 4-hydroxynonenal, nitrotyrosine and PCOs are increased, indicating that oxidative stress might be involved in its pathology.

One possible limitation of antioxidant therapy is that significant damage to macromolecules, and tissue injury, which ultimately lead to cell death, will already have occurred by the time overt symptomatology of disease is observed. Hence, antioxidant therapy can only, at best, rescue undamaged macromolecules and surviving cells, an effect that might not be sufficient to attenuate the symptomatology. It is therefore important to begin therapy at an early stage of the disease (Fig. 3).

Another serious limitation of antioxidant therapies is that clinicians cannot yet determine which individuals might be benefit from which antioxidant therapy. The optimum daily doses, even of common antioxidants such as α-tocopherol and vitamin C, are subject to debate, and no guidelines have ever been considered for less common, but not necessarily less significant, antioxidants such as γ-tocopherol. In addition, some subgroups of individuals might react negatively to particular antioxidants, as shown by the apparent exacerbation of lung cancer among patients taking β-carotene. Therefore, clinicians will need a means of determining both the type of antioxidant supplementation appropriate for a specific individual, and the responsiveness of this patient to the prescribed treatment.

It should be emphasized that the detection of more than one marker for oxidative stress is key, because a single marker might give misleading results. Furthermore, it is important to examine whether the level of a specific oxidative marker reflects the severity of the oxidative stress exerted on the subject (as verified in some cases). It is also crucial to determine whether particular markers, alone or in combination with others, can serve as a true indicator of the health status of the subject, thereby allowing the success (or the failure) of a treatment to be monitored (Fig. 3). Although the level of PCOs is currently the best overall marker of oxidative-stress-mediated protein damage, the development of analytical procedures that can measure the levels of each kind of protein modification (like that showing that glutamic acid and aminoadipic semialdehydes are the main carbonyl products of metal-catalysed protein oxidation) should be encouraged. Identification of each kind of protein modification is necessary for determining why individuals vary in their susceptibility to oxidative stress, as well as in their responsiveness to antioxidant therapy. This will also help to establish the relative importance of particular types of oxidative stress in the development of specific diseases.

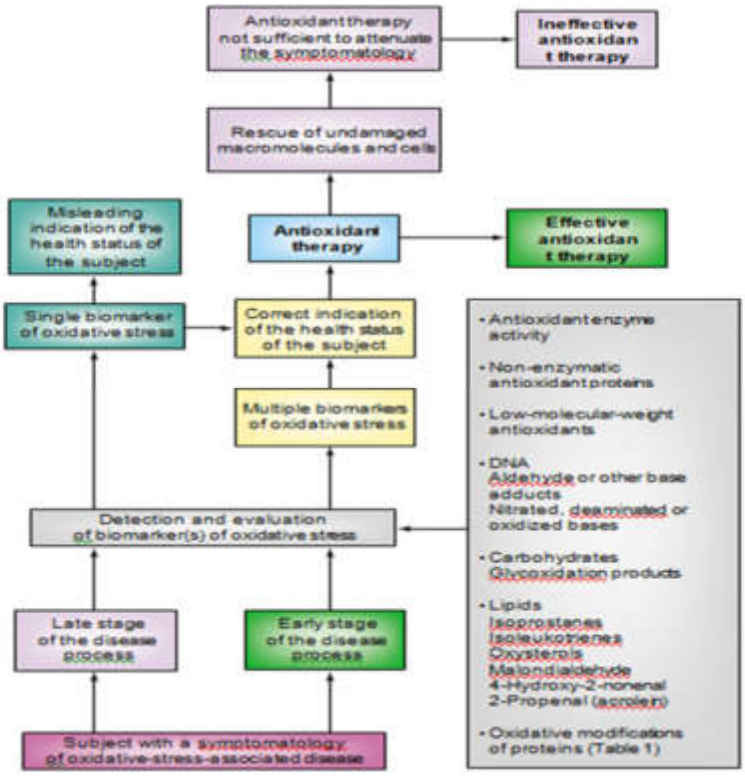


Fig. 3. The need for biomarkers of oxidative stress and damage, and the therapeutic use of antioxidants (Wen et al., 2014). A correct indication of the health status of a patient with a symptomatology of oxidative-stress-associated disease could be obtained when the oxidative-stress status is detected and quantified via more than one biomarker of oxidative damage; the level of specific oxidative-stress markers might be a reflection of severity. Biomarkers of oxidative stress have the potential not only to determine the extent of oxidative injury, but also, in some cases, to identify the source of the oxidant. Such information is important for predicting the consequences of oxidation, and also provides a basis for the design of appropriate interventions to alleviate injury. Ideally, biomarkers of oxidative stress should be measurable in specimens that can be collected relatively easily, such as blood or urine. In addition, the bioassay for oxidative-stress status should be applicable to stored specimens. The therapeutic use of antioxidants might involve naturally occurring molecules (with or without structural 'adaptation') or completely synthetic products. One possible limitation of antioxidant therapies is that cell death will already have occurred by the time overt symptomatology of disease becomes evident. Therefore, it is important to start the therapies directed against oxidative stress at an early stage in the disease process. A specific biomarker, alone or in combination with others, should allow the success (or failure) of the antioxidant therapy to be monitored.

CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES

The current rapid progress in the identification of carbonylated proteins should provide new diagnostic biomarkers for human diseases that are associated with oxidative stress. For example, increases in total oxidized protein levels were observed in blood from both AD subjects and AD relatives when compared with non-AD controls. A protein that is uniquely oxidized in the plasma of AD subjects was shown to be much more susceptible to oxidation than the corresponding control protein when plasma was subjected to oxidative stress in vitro.

This observation becomes even more interesting following recent studies of protein carbonylation in prokaryotic systems. These studies showed that misfolded proteins are more susceptible to carbonylation than native ones, suggesting that carbonylation, being an irreversible protein modification, could signal that a protein is irreparable and, hence, act as a tagging system for the proteolytic pathway. It is thought that protein carbonylation targets the modified (and generally dysfunctional) protein to degradation by the proteasomal system in oxidatively stressed mammalian cells. Studies using prokaryotes have raised the possibility that, in AD and other diseases, some proteins are more susceptible to carbonylation because they are misfolded (and, consequently, dysfunctional), rather than being dysfunctional because carbonylation has made them misfolded. The principal carbonylated plasma proteins are isoforms of the fibrinogen-γ-chain precursor protein and of α-1-antitrypsin, which exhibit a two to six-fold greater specific-oxidation index in plasma from AD subjects than from age-matched controls. This suggests that these oxidized plasma proteins could be useful as diagnostic (pre-symptomatic) biomarkers for AD.

The challenges for the future are to elucidate of the mechanisms that lead to disease-associated oxidative stress, to develop effective therapeutic antioxidants, and to demonstrate their benefit to patients. However, before antioxidant therapy becomes accepted, detailed longitudinal studies will need to be conducted, evaluating panels of oxidative biomarkers along with traditional clinical endpoints in patients undergoing treatment for diverse chronic illnesses. The completion of these studies will usher in a new era in diagnosis and therapy of human diseases associated with oxidative stress.

REFERENCES

Aguilaniu, H., Gustafsson, L., Rigoulet, M. and Nyström, T. (2017). Asymmetric inheritance of oxidatively damaged proteins during cytokinesis. Science. 299: 1751–3

Aldini, G., Dalle-Donne, I., Vistoli, G., Maffei Facino, R. and Carini, M. (2015). Covalent modification of actin by 4-hydroxy-trans-2-nonenal (HNE): LC-ESI-MS/MS evidence for Cys374 Michael adduction. J Mass Spectrom. 40: 946–54

Ballesteros, M., Fredriksson, A., Henriksson, J. and Nyström, T. (2013). Bacterial senescence: protein oxidation in non-proliferating cells is dictated by the accuracy of the ribosomes. EMBO J. 20: 5280–9

Cabiscol, E. and Ros, J. (2016). Oxidative damage to proteins: Structural modifications and consequences in cell function. In: Dalle-Donne I, Scaloni A, Butterfield DA, editors. Redox Proteomics: From Protein Modifications to Cellular Dysfunction and Disease. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. pp. 399–471.)

Cabiscol, E., Piulats, E., Echave, P., Herrero, E. and Ros, J. (2014). Oxidative stress promotes specific protein damage in Saccharomyces cerevisiae. J Biol Chem. 275:27393–8

Dalle-Donne, I., Giustarini, D., Colombo, R., Milzani, A. and Rossi, R. (2015). S-glutathionylation in human platelets by a thioldisulfide exchange-independent mechanism. Free Radic Biol Med. 38: 1501–10.

Das, N., Levine, R. L., Orr, W. C. and Sohal, R. S. (2015). Selectivity of protein oxidative damage during aging in Drosophila melanogaster. Biochem J. 360: 209–16.

Davies, M. J., Fu, S., Wang, H. and Dean, R. T. (2016). Stable markers of oxidant damage to proteins and their application in study of human disease. Free Radic Biol Med. 27:1151–61.

Esterbauer, H., Schaur, R. J. (2015). Zollner H. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. Free Radic Biol Med. 11: 81–128.

Fredriksson, A., Ballesteros, M., Dukan, S. and Nyström, T. (2015). Defense against protein carbonylation by DnaK/DnaJ and proteases of the heat shock regulon. J Bacteriol. 187: 4207–13.

Ghezzo, E., Esch, S. W., Sharov, V. S. and Schöneich, C. (2016). Biological aging does not lead to the accumulation of oxidized Cu,Zn-superoxide dismutase in the liver of F344 rats. Free Radic Biol Med. 30: 858–64

Jana, C. K., Das, N.and Sohal, R. S. (2012). Specificity of age-related carbonylation of plasma proteins in the mouse and rat. Arch Biochem Biophys. 397: 433–9

Neely, M. D., Sidell, K. R., Graham, D. G. and Montine, T. J. (2009). The lipid peroxidation product 4-hydroxynonenal inhibits neurite outgrowth, disrupts neuronal microtubules, and modifies cellular tubulin. J Neurochem. 72: 2323–33

Nguyen, A. T. and Donaldson, R. P. (2015). Metal-catalyzed oxidation induces carbonylation of peroxisomal proteins and loss of enzymatic activities. Arch Biochem Biophys. 439:25–31

Oh-Ishi, M., Ueno, T. and Maeda, T. (2013). Proteomic method detects oxidatively induced protein carbonyls in muscles of a diabetes model Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) rat. Free Radic Biol Med. 34: 11–22

Refsgaard, H. H, Tsai, L. and Stadtman, E. R. (2018). Modifications of proteins by polyunsaturated fatty acid peroxidation products. Proc Natl Acad Sci USA. 97: 611–6.

Requena, J., Chao, C. C. and Stadtman, E. R. (2013). Glutamic and aminoadipic semialdehydes are the main carbonyl products of metal-catalyzed oxidation of proteins. Proc Natl Acad Sci USA. 98: 69–74

Stadtman, E. R. (2017). Metal ion-catalyzed oxidation of proteins: Biochemical mechanism and biological consequences. Free Radic Biol Med. 9: 315–25.

Thannickal, V. J. and Fanburg, B. L. (2015). Reactive oxygen species in cell signaling. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. 279: L1005–28.

Wataya, T., Nunomura, A., Smith, M. A., Siedlak, S. L., Harris, P. L. and Shimohama S. (2012). High molecular weight neurofilament proteins are physiological substrates of adduction by the lipid peroxidation product hydroxynonenal. J Biol Chem. 277: 4644–8.

Wen, J. J. and Garg, N. (2014). Oxidative modification of mitochondrial respiratory complexes in response to the stress of Trypanosoma cruzi infection. Free Radic Biol Med. 37: 2072–81.

Yan, L. J., Levine, R. L. and Sohal, R. S. (2017). Oxidative damage during aging targets mitochondrial aconitase. Proc Natl Acad Sci. USA. 94: 11168–72

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PROJECT FINDINGS ON THE DESIGN OF A ROBOTIC WORKSTATION FOR DENTAL IMPLANTS

Ján Duplák
Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov

Samuel Mikuláško
Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov

Darina Dupláková
Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov

Maryna Yeromina
Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov

ABSTRACT

In the course of 2024, within the framework of the APVV-21-0293 project entitled Research and implementation of a prototype robotic workplace for the creation of basal dental implants by methods of advanced machining, practical progress was achieved primarily through the testing of the ThingWorx IoT platform. Initially, the platform was employed for the diagnostics of process parameters; however, by the end of the year, investigations were also initiated into its application for monitoring robotic manipulators, their selected process characteristics, and errors arising during material handling. These activities represent a significant step toward the integration of digital monitoring and diagnostic tools into the project framework.

Based on the achieved outputs, opportunities for technical and software adaptation of the workstation were identified, supporting the effective integration of IoT tools into a real manufacturing environment. The extended results obtained in 2024 therefore confirm the practical applicability of the ThingWorx IoT platform for monitoring and controlling robotic processes and establish a foundation for further research aimed at optimizing process parameters, increasing the reliability of robotic workstations, and fostering the implementation of Industry 4.0 concepts. This research was supported by by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-21-0293.

IMPACT OF ENTERAL TUBE FEEDING ON POSTOPERATIVE OUTCOMES FOLLOWING PANCREATODUODENECTOMY: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

Muhammad Masroor Hussain
Division of Biliary Tract Surgery, Department of General Surgery, West China Hospital, Sichuan University
Research Center for Biliary Diseases, West China Hospital, Sichuan University

Sana Qammar
Sheikh Zayed Medical College/Hospital

Ao-Qiang Zhai
Division of Biliary Tract Surgery, Department of General Surgery, West China Hospital, Sichuan University
Research Center for Biliary Diseases, West China Hospital, Sichuan University

Fu-yu Li
Department of Biliary Surgery, West China Hospital, Sichuan University

Hai-jie Hu
Department of Biliary Surgery, West China Hospital, Sichuan University

Abstract
Enteral nutrition via feeding tubes is widely used after pancreatoduodenectomy (PD), yet clinical guidelines remain inconsistent and the benefits of routine tube placement are uncertain. We conducted a systematic review and meta-analysis in accordance with PRISMA guidelines to assess its impact on postoperative outcomes. PubMed, EMBASE, and the Cochrane Library were searched through March 2025 for comparative studies of enteral tube feeding versus no tube feeding after PD. Nine studies met the inclusion criteria. Tube placement was associated with a significantly higher risk of delayed gastric emptying (OR 1.42, 95% CI: 1.01–2.00; I^2 = 75%), while no significant differences were observed for postoperative pancreatic fistula (RR 0.97, 95% CI: 0.88–1.06) or overall mortality (RR 0.93, 95% CI: 0.54–1.59). Subgroup analyses indicated potential differences in outcomes among older patients (≥65 years) and male-predominant cohorts, but these results were inconclusive. In conclusion, routine prophylactic tube placement after PD increases the risk of delayed gastric emptying without reducing fistula formation or mortality. These findings challenge the practice of routine tube feeding and instead support a selective, individualized approach to postoperative nutritional support.

HERBAL SUBLINGUAL FLIMS FOR ANGINA PECTORIS

Aniket .A.Thul
Department of Pharmacology, JES's SND College of Pharmacy

Pooja Rasal
Department of Pharmacology, JES's SND College of Pharmacy

Abstract
Angina pectoris, characterized by chest pain due to myocardial ischemia, remains a prevalent cardiovascular condition requiring rapid and effective management. Conventional sublingual nitrate therapy, while effective, can be associated with adverse effects such as hypotension and tolerance development. In recent years, herbal-based therapeutics have gained attention as safer, natural alternatives. This study explores the formulation and potential of herbal sublingual films for the management of angina pectoris. Herbal agents such as *Crataegus monogyna* (Hawthorn), *Allium sativum* (Garlic), and *Terminalia arjuna* have demonstrated cardioprotective, vasodilatory, and antioxidant properties in various preclinical studies. These herbs were incorporated into fast-dissolving sublingual film matrices using biocompatible polymers such as hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and pullulan, ensuring rapid disintegration and drug release. The films were evaluated for mechanical properties, disintegration time, phytochemical content, and in vitro release profiles. Results indicated acceptable tensile strength and rapid disintegration (<30 seconds), with consistent release of active constituents. The sublingual route offers advantages such as bypassing first-pass metabolism and ensuring faster onset of action, crucial for angina relief. Preliminary in vivo assessments in animal models indicated potential in reducing ischemic episodes and improving hemodynamic parameters. These findings support the development of herbal sublingual films as a novel, non-invasive, and effective therapeutic option for angina pectoris. Further clinical studies are required to confirm efficacy and safety in human subjects.
Keywords: Angina pectoris, sublingual films, herbal medicine, *Crataegus monogyna*, *Terminalia arjuna*, vasodilation, cardioprotection, natural therapy, fast-dissolving film, myocardial ischemia.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

RELIABILITY MODELING OF PARALLEL AUTOMATED AND MANUAL HANDLING SYSTEMS

Yogita Rani
Department of Applied Sciences, BPIT

Gitanjali
Department of Applied Sciences, MSIT

Indeewar kumar
Department of Mathematics and Statistics, Manipal University

Abstract
The main focus of this study is to conduct the stochastic examination of a system configured with two parallel systems. The first system, the Automated Conveyor System, comprising two units connected in series: a Conveyor Belt Motor and a Control Unit. Whereas the second system, the Manual Material Handling System, is modeled as a single-unit repairable system. Initially both systems are assumed to be operational, and the overall system continues to function as long as at least one system remains in operation. On the failure of a unit, a competent server promptly restores failed components to working condition, under the assumption of perfect repair. Repair times are assumed to follow an exponential distribution while failure rates are considered constant. This study uses the Regenerative Point Technique and the semi-Markov Process to assess reliability measures such as Mean Time to System Failure (MTSF), system availability, and profit. The results of this study are particularly applicable to sectors where parallel redundancy is employed to reduce downtime for enhancing efficiency. Applications can be found in manufacturing plants, power generation facilities, transportation systems, and automated production lines, where ensuring uninterrupted performance is critical for cost-effectiveness and operational sustainability.
Keywords: Parallel systems, Reliability analysis, and Regenerative Point Technique, semi-Markov process, Automated Conveyor System, Manual Handling System.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ANALYTICAL INVESTIGATION OF MATHEMATICAL MODELS UNDER DIFFERENT TRANSFORMATIONS AND FRACTIONAL DERIVATIVE OPERATORS

Muhammad Sohail
Department of Mathematics, University of Malakand

Abstract

This work presents the three well-known derivative operators i.e. Caputo, Caputo-Fabrizio, and Atangana-Baleanu to describe the solutions of the non-linear Fractional Partial Differential Equation (FPDE). A method called the Adomian Decomposition Method (ADM) is used to find series solutions in a semi-analytical way, using different transforms like Laplace, Elzaki, Sumudu, Aboodh, Mohand, Yang, Natural, and Shehu. The solutions obtained by the proposed method have precision and a high rate of convergence. We then verify the derived solutions numerically and graphically for both fractional and integer orders. Furthermore, the solutions under these transformations are the same. The proposed simulations show that as the number of iterations increases, the corresponding absolute error reduces. Moreover, fractional order solutions are converging to integer order solutions.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ENHANCED HEAT AND MASS TRANSFER IN MHD NANOFLUIDS FOR POROUS MEDIUM APPLICATIONS: RADIATION, JOULE HEATING, AND VISCOUS DISSIPATION EFFECTS

G. Narender
Deptartment of Humanities and Sciences, (Mathematics), CVR College of Engineering

K. Govardhan
Department of Mathematics, GITAM University, Hyderabad Campus

Abstract
This paper studies MHD flow, radiative heat and mass transfer of nanofluids against an incompressible electrically conducting fluid, Joule heating and viscous dissipation past a porous plate embedded in a porous medium with heat flux and first order chemical reaction. A numerical analysis is performed for the mathematical model of boundary layer flow with three different kinds of nanoparticles Cu, Al_2O_3 and Ag. The modeled boundary layer equations for momentum, energy and mass transfer are obtained using boundary layer approximations. Using similarity transformations, we convert the governing nonlinear partial differential equations with boundary conditions into a system ordinary differential equation (ODEs) over a semi-infinite interval. Numerical Scheme based on the Shooting method along with Adams-Moulton method of order four is developed for system of ODEs, which are verified by numerical ones, showing close agreement. The effect of different physical parameters are discussed on velocity, temperature and concentration fields through graphs and tables. Thermophysical property correlation data is also included. Moreover, increasing volume friction results in elevated temperatures, subsequently enhancing the Schmidt number.
Keywords: MHD flow, Nanofluids, Radiative heat transfer, Chemical reaction, porous media, Numerical technique.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ON USING MODIFIED ATTANGANA-BALEANU FRACTIONAL ORDER DERIVATIVE TO INVESTIGATE A CLASS OF NONLINEAR EVOLUTION HYBRID DIFFERENTIAL EQUATIONS

Dr. Kamal Shah
Department of Mathematics and Sciences, Prince Sultan University

Abstract
In the last few years fractional derivatives have attracted much more attention from researchers. This is due to the significant applications in diverse field of engineering, science and technology, where the tools of fractional calculus play vital roles. This research work is related to investigate a class of evolution hybrid differential equations of fractional order with Atangana-Be;eanue-Caputo (ABC) derivative in modified form. We study the existence theory and stability analysis of the aforesaid problem. For the existence, theory, we utilize topological degree theory with measure of no compactness instead of traditional fixed point theory. Because, traditional fixed point theory requires strong compact conditions which often restrict its use in many problems. Also, we attempt on Hyers-Ulam stability analysis on using some tools from nonlinear functional analysis. Sufficient conditions are established for the existence uniqueness and stability of solution to the mentioned problems. Finally, we have testified our results by providing an example.

DATA ANALYSIS OF FRACTIONAL ORDER MODELING OF PLANT CAPTURE CARBON DIOXIDE DYNAMICS WITH NEURAL NETWORKING

Aziz Khan
Department of Mathematics and Sciences, Prince Sultan University

Abstract
A nonlinear mathematical model is suggested to examine the role of varying abilities of plants in absorbing atmospheric carbon dioxide (CO2) and its impact on the ecosystem. Various plant species show distinct abilities to absorb and capture CO2, which can affect the overall reduction in atmospheric CO2 quantities. The study objectives to consider how differences in plant capacities for CO2 absorption influence atmospheric CO2 levels. The focus is on identification the impact of plant growth rates and reaping rates on CO2 concentration. The model is formulated using a difference operator to facilitate numerical exploration. It employs the discrete numerical iterative method (DNIM) joint with neural networks, particularly the Levenberg-Marquardt (LM) algorithm, known as DNIM-LM. The model's performance, training status, error distribution, regression, and suitability are calculated using artificial intelligence procedures. The dataset is split into 70% for training, 15% for authentication, and 15% for testing. The analysis shows that plants with higher CO2 absorption capacities attain faster reductions in atmospheric CO2 quantities as their growth rate increases. On the other hand, an increase in the harvesting rate coefficient is related to an increase in CO2 concentration. The study determines that variations in plant absorption capacities expressively influence the dynamic contrast of atmospheric CO2 reduction in the environment. This finding highlights the importance of plant growth rates and harvesting performs in managing CO2 levels, present insights into ecosystem management and carbon sequestration policies.
Keywords: Difference operator; Discrete numerical iterative method; Neural networks; Levenberg-Marquardt; Fit analysis.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THERMAL ENHANCEMENT OF A WATER-BASED WILLIAMSON HYBRID NANOFLUID FLOW OVER A CONVECTIVELY COOLED CYLINDER

E. O. Fatunmbi
Department of Mathematics and Statistics, Federal Polytechnic Ilaro

O. J. Olanrewaju
Department of Mathematics and Statistics, Federal Polytechnic Ilaro

Abstract
The use of hybrid nanofluids is rapidly expanding in engineering and industrial applications such as solar thermal collectors, chemical reactors, and advanced cooling systems due to their superior heat transfer characteristics. This study presents a thermal analysis of a hybrid nanofluid composed of $Cu - Al_2O_3$ nanoparticles dispersed in a Williamson–water base fluid flowing over a convectively cooled cylindrical surface. The mathematical model incorporates the effects of thermal Brownian motion, thermophoresis, Joule heating, and chemical reactions. A convective boundary condition is imposed to simulate realistic thermal exchange scenarios in the system. The governing nonlinear partial differential equations are transformed to a system of ordinary differential equations and solved using the Galerkin-weighted residual method. The outcomes reveal that thermophoretic and Brownian motion parameters significantly enhance thermal diffusion while diminishing nanoparticle concentration near the surface. These insights are valuable for improving the thermal design and efficiency of reactive transport systems in various engineering and industrial processes.
Keywords: Hybrid nanofluid flow; Convectively cooled cylinder; Brownian motion; Thermophoresis; Williamson fluid.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

METHODOLOGY OF TEACHING THE MOTHER TONGUE THROUGH INTEGRATION WITH MATHEMATICS

Muxtarova Shaxnoza Mashrabovna
Chirchiq State Pedagogical University, Faculty of Humanities, Department of Uzbek Linguistics

Abstract
This article discusses the theoretical foundations and practical aspects of the interdisciplinary approach to mathematics education in the mother tongue. It is proven that the use of mathematical concepts and methods in mother tongue lessons develops students' logical thinking, analytical skills, and creative approach. The formation of deep knowledge in students through various didactic tasks and games is emphasized.
Keywords: mother tongue, mathematics, integration, methodology, interdisciplinary approach, number.

In the current educational process, developing students' cognitive abilities and fostering an understanding of interdisciplinary logical connections remain crucial factors. Teaching the mother tongue in integration with mathematics not only reveals the intrinsic relationship between language and logical thinking but also enables students to perceive and comprehend both subjects in an interconnected and holistic manner.

In the educational process, merely delivering a system of knowledge to students and expecting them to memorize information is no longer sufficient in today's context. Modern education requires fostering motivation, cultivating the desire for independent learning, and organizing instruction based on integration, which are considered among the most urgent pedagogical tasks. Interdisciplinary integration represents an educational approach aimed at fulfilling precisely these objectives[2:249].

According to the specialist O. Abduquddusov, "integration" (from the Latin "integration" – restoration, unification, completion, and "integer" – whole) refers to the process of combining parts into a single, coherent whole and is viewed as "the highest level of synthesis"[5]. The concept of integration literally denotes "wholeness"; thus, it can be understood as merging various components and elements of cognitive development into one unified system. An integrative approach to teaching the mother tongue serves to improve the quality of education and enhance learning outcomes.

In ensuring interdisciplinary connections, the mother tongue teacher must, first and foremost, maintain coherence within the subject. The topics should be presented in a logically connected manner, moving progressively from simple to complex and from easy to difficult. This principle implies that new material should be introduced in relation to previously studied topics to ensure continuity in learning.

External integration in mother tongue education, on the other hand, refers to its interrelation with other disciplines, both related and unrelated. In this regard, the mother tongue subject is closely connected with literature, geography, civic education, law, computer science, physics, mathematics, chemistry, biology, and economics. Knowledge from these disciplines is consolidated, classified, and presented within an integrated educational framework, allowing students to form a holistic understanding of concepts across multiple domains.

In the Law of the Republic of Uzbekistan "On Education", the key principles of the state policy in the field of education are defined.

These include the humanistic and democratic nature of teaching and upbringing; the continuity and consistency of the educational process; the secular character of the education system; equal access to education within the framework of the state educational standards (SES); the provision of both unified and differentiated approaches to curriculum design; the encouragement of academic excellence and talent development; and the harmonization of state and public administration within the education system[6:4].

The primary goal of general secondary education schools is to prepare graduates who are capable of applying their acquired knowledge in real-life situations. One of the most effective ways to achieve this goal is by teaching the mother tongue through integration with other subjects in the general education curriculum. It is well established that every discipline is closely interconnected with others, and leveraging these interdisciplinary relationships significantly enhances the effectiveness of the teaching process.

In the classroom, integrating concepts from different subjects when explaining topics contributes to deeper understanding and improved learning outcomes. The mother tongue, in particular, has strong connections with a wide range of subjects. When a teacher skillfully uses these links during instruction, students better comprehend the material and achieve a more holistic understanding of knowledge. Such integration allows learners to strengthen their cognitive skills and facilitates the achievement of interdisciplinary educational objectives.

In the following section, we provide an analysis of the connections between mother tongue education and mathematics.

First and foremost, when discussing the interrelation between mother tongue and mathematics education, the category of numerals immediately comes to mind. Indeed, “numbers” serve as the object of study in both disciplines. While numbers form the foundation of mathematics, they are also widely examined as a separate lexical-grammatical category in mother tongue studies. The mother tongue curriculum explores various aspects of numerals, including their structure, semantic types, word formation patterns, and syntactic functions within sentences.

Additionally, quantifiers and measure words associated with numerals are also included within this lexical category. Learning mathematical terminology alongside linguistic rules helps broaden students’ scientific vocabulary and fosters interdisciplinary cognitive development. Furthermore, solving mathematical problems and logical exercises provides students with an opportunity to deepen their understanding of parts of speech and their usage.

For example:

$10 > 6$; $2 < 6$; $6 = 2 \times 3$; $6 + 6 = 3 \times 4$; $18 + 18 = 4 \times 9$.

In these equations, symbols such as “>” (greater than), “<” (less than), and “=” (equal to) serve the purpose of comparing numbers. Understanding these symbols helps students form strong cognitive associations, as they realize that such mathematical relationships correspond to qualitative concepts within language.

For instance:

The smaller number ($6 > 2$) is expressed using the ablative case (“six is greater than two”);

The larger number takes the nominative case (“ten is greater than six”);

Equality structures require the use of the dative case (“six equals ten”).

Through such comparisons, students develop both linguistic competence and numerical literacy, fostering a deeper understanding of interdisciplinary integration between language and mathematics.

Teaching the mother tongue in integration with mathematics creates engaging and effective lessons that foster both linguistic and cognitive development.

For example, when studying compound word formation, students are tasked with identifying compounds that include numerals, such as uchburchak (triangle), o‘nboshi (group leader of ten), to‘rtburchak (quadrilateral), beshbattar (five times worse), beshbarg (five-leafed), ellikboshi (leader of fifty), mingdevona (madman of thousand), qirqbo‘g‘im (forty-jointed), sakkizoyoq (octopus).

Similarly, in the topic of proper nouns, learners identify place names containing numbers, such as Uchquduq (“Three Wells”), Uchtepa (“Three Hills”), To‘rtko‘l (“Four Lakes”), Beshariq (“Five Canals”), Oltiariq (“Six Streams”), Yettisuv (“Seven Rivers”), Ellikqal’a (“Fifty Fortresses”), Mingbuloq (“Thousand Springs”), as well as personal names like Oltmishvoy and Yetmishvoy .These tasks stimulate students’ curiosity, encourage independent exploration, and increase lesson efficiency.

Mathematics, being one of the most fascinating subjects, enriches learners’ logical thinking, abstract reasoning, and conceptual understanding. During mother tongue lessons, teaching students how to combine words into new forms can be made more effective by comparing linguistic processes with mathematical formulas .

For example:

S + S = SQ→ “word + word = compound word” (e.g., kitob va daftar → book and notebook);

S + S = SB→ “dependent word + governing word = word combination” (e.g., uyning tomi → roof of the house).

First, linguistic rules are transformed into formulas by the students themselves; then, based on these formulas, they reconstruct the rule statements. This approach enhances analytical thinking and strengthens comprehension.

In the Grade 7 Mother Tongue textbook, the text “Bobomning pensiyasi” (“My Grandfather’s Pension”) contains several mathematical references. For instance, in the passage “Keksalarning maoshi” (“Elders’ Salary”), exercises are provided where students are asked to write and pronounce numbers correctly , thereby improving their understanding of numerical forms in both oral and written contexts [1:98].

Moreover, statistical analysis tasks are incorporated into language exercises to strengthen problem-solving skills. For example, students may be asked to:

Count the number of adjectives in a given sentence;

Identify three instances of sound elision and four instances of sound alternation in a text;

Determine the stylistic meanings of plural markers, distinguishing between their uses for respect and generalization.

Furthermore, conducting Q\&A activities based on biographical texts, particularly focusing on numerical data, helps strengthen memory retention. By listening to math-related passages and solving related logical problems, students develop essential skills in measurement, calculation, laboratory-based experiments, and decision-making. Through such interdisciplinary integration, learners are trained to find optimal solutions and make informed judgments, preparing them for real-life applications \[4].

When teaching the topic of complex sentences, mathematical rules can be used to construct example sentences. For instance, students may analyze expressions such as “If a + b = c + d, then it results in a quadratic equation”, which combine mathematical logic with linguistic structures.

Teachers can also organize vocabulary games that include mathematical terminology, helping students expand their interdisciplinary understanding. Another effective activity involves analyzing texts based on mathematical riddles, for example: “By removing one syllable from the given number, which independent word can be formed?” (olti → ol , yetti → yet) \[3].

In lessons on the topic "The Uzbek Alphabet Based on the Latin Script" , students can be assigned tasks involving numbers representing the order of letters in the alphabet to form words or sentences. For instance, the sequence 2, 1, 7, 14, 15 results in the word bahor ("spring"). Additionally, students can practice adding a single sound to the beginning, middle, or end of words to create new ones:

son → os on, eson
ayiq → qayiq
ota → nota
osh → mosh, bosh, tosh
sara → sayra
qatiq → qattiq
qara → qayra
tog‘ → tog‘a
til → tila
ola → olam

Students can also be encouraged to find and memorize proverbs containing numbers, such as "Measure seven times, cut once". Furthermore, they can be tasked with writing short stories or essays based on mathematical scenarios, which enhances both creative and analytical thinking skills.

In conclusion, interdisciplinary integration is one of the most significant requirements of modern education. Teaching the mother tongue in connection with mathematics broadens students' intellectual horizons and equips them with the ability to apply knowledge in real-life situations. Particularly in mother tongue lessons, incorporating mathematical categories, formulas, logical exercises, and analytical approaches enables students to achieve a deeper understanding of the material. This integration fosters logical, analytical, and creative thinking, ultimately enhancing the effectiveness of teaching.

An integrative approach not only increases lesson productivity but also plays a vital role in shaping learners into well-educated, independent, and critical thinkers capable of establishing meaningful interdisciplinary connections.

References

1. Azimova, I., Mavlonova, K., Quronov, S., Tursun, S., Hakimova, N., & Siddiqov, M. (2022). Mother Tongue: For Grade 7 of General Education Schools . Tashkent: Republican Education Center.

2. Muxtarova, Sh. M. (2023). Specific features of teaching the mother tongue in relation to informatics. In Proceedings of the Republican Scientific-Practical Conference on "Current Issues of Modern Linguistics" (pp. 45–52). Fergana.

3. Shamshiyeva, D. (2023). Teaching the mother tongue in connection with exact sciences. Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences , 3(2), 98–110.

4. Nurmonov, A., & Yo‘ldoshev, B. (2001). Linguistics and Natural Sciences . Tashkent: Sharq.

5. Yusupov, R. M. (2023). Using modern pedagogical and information technologies in teaching the subject "Information Technologies in Technical Systems." Vocational Education Journal , 4, 152–160.

6. G‘ulomov, A., Qodirov, M., & Ernazarova, M. (2012). Methodology of Teaching the Mother Tongue . Tashkent: Science and Technology.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

AN INVESTIGATION INTO THE INTERPLAY OF MAGNETIC FIELD AND NANOPARTICLE MORPHOLOGY IN SODIUM ALGINATE-STABILIZED COPPER NANOFLUIDS

Samia Rani
Department of Mathematics, Division of Science and Technology, University of Education

Dr. Abid Hussanan
Department of Mathematics, Division of Science and Technology, University of Education

ABSTRACT
Sodium alginate (SA) based nanofluid is novel new generation of fluids for heat transfer. The thermo–physical properties of these fluids are very classic in comparison to conventional fluids. This work analyzes the nanoparticle shape effects on non–Newtonian viscoplastic sodium alginate (SA) based Cu–nanofluid. The stretching/shrinking sheet is subject to the transverse magnetic field. The proposed Cu–nanofluid consists of four different shapes of dispersed nanoparticles namely bricks, cylinders, platelets, and blades in a mixture of sodium alginate with the Prandtl number Pr = 6.45. Suitable similarity conversions are employed to reduce non–linear PDEs into a system of ODEs and these equations together with boundary conditions are solved numerically as well as analytical. The numerical solutions of the transformed equations have been obtained by applying Runge–Kutta–Fehlberg (RKF) method. Moreover, the analytical solutions are obtained from the application of MAPLE built–in differential equation solver Dsolve. The behavior of prominent parameters against velocity and temperature fields are analyzed. Temperature field increases for all shapes of nanoparticles with increasing values of the viscoplastic parameter and Eckert number. Finally, it is found that sodium alginate has a greater temperature as compared to kerosene and engine oil.
Keywords: Nanofluid; Magnetic field; Viscous dissipation; Dsolve

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMLARI: TÜRKİYE PERAKENDE SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR İÇERİK ANALİZİ

Meltem KOLCUBAŞI
Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Lojistik Yönetimi
ORCID: 0009-0001-6750-5498

Dr. Öğr. Üyesi Giray Yiğit KOLCUBAŞI
Dokuz Eylül Üniversitesi, Denicilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi
ORCID: 0000-0001-8475-4931

ÖZET

Günümüzde büyük ölçekli işletmeler, sürdürülebilirlik kavramını kurum anlayışı haline getirmekte ve vizyonlarının bir parçası olarak görmektedir. Bu açıdan, işletmelerin sürdürülebilirliği zorunlu uygulamalar olarak ele almak yerine gönüllü olarak hayata geçirmeleri, firmaların rekabetçiliğine ve değerlerine katkıda bulunmaktadır. Küreselleşme ile birlikte işletmelerin başarısı tedarik zincirlerinin başarısı ile doğrudan ilişkili hale geldiğinden, sürdürülebilirlik yaklaşımı lojistik süreçlerin bütünü açısından da önemli hale gelmektedir.

Özellikle bozulabilen gıda ürünlerinin tazeliğinin, güvenliğinin ve kalitesinin korunmasında hayati öneme sahip olan soğuk zincir lojistiği alanında sürdürülebilirlik uygulamaları başta gıda israfı ve enerji kayıplarının azaltılması konusunda olmak üzere, sürdürülebilirliğe anlamlı katkı sunmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye perakende sektöründe soğuk zincir lojistiğine yönelik taşımacılık alanında gerçekleştirilen sürdürülebilirlik uygulamalarını kapsayıcı bir bakış açısıyla ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, hisseleri Borsa İstanbul (BİST)'da işlem gören ve Türkiye'de faaliyet göstermekte olan beş büyük perakende zincirinden; CarrefourSA, Şok, Bizim Toptan'ın yayınladıkları 2023 Yılı Sürdürülebilirlik Raporları ile Migros'un 2023 Yılı Entegre Faaliyet Raporu ve Bim'in 2024 Entegre Faaliyet Raporları içerik analizi yoluyla incelenmiştir. Elde edilen veriler, sürdürülebilirlik yaklaşımının ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları bağlamında değerlendirilmiştir.

Çalışmanın bulguları, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarının söz konusu firmalar tarafından daha fazla benimsendiğini işaret etmektedir. Ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların sonuçlarının her iki sürdürülebilirlik boyutunu da desteklediğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, soğuk zincir taşımacılığında uygulanan rota optimizasyonu ve elektrikli araç kullanımına ilişkin uygulamalar ile enerji verimliliği ve karbon emisyonunun azaltılmasına ilişkin uygulamaların yaygın şekilde yürütüldüğü görülmektedir. Buna karşın, sosyal sürdürülebilirlik uygulamalarının ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarına kıyasla daha sınırlı kaldığı görülmektedir. Özellikle çalışanların soğuk zincir yönetimine ilişkin eğitimleri ve gıda güvenliğine ilişkin farkındalığın artırılması gibi alanlara yeterince odaklanılmadığı anlaşılmaktadır. Bu bakımdan, soğuk zincir lojistiğinde sürdürülebilirliğin tam olarak gerçekleştirilebilmesi için sürdürülebililiğin tüm boyutlarının bütüncül bir şekilde ele alınması büyük önem taşımaktadır.

İkincil verilerin analizine dayanan bu çalışmanın, firma temsilcileriyle yapılacak yüz yüze görüşmelere dayalı olarak genişletilerek yürütülen uygulamaların saha yansımalarının firma rekabetçiliğine olan etkilerinin ortaya konularak ilerletilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk Zincir Lojistiği, Dağıtım Kanalları, Perakende Endüstrisi, Sürdürülebilirlik, İçerik Analizi

SUSTAINABILITY APPROACHES IN COLD CHAIN LOGISTICS: A CONTENT ANALYSIS OF THE RETAIL INDUSTRY IN TÜRKİYE

ABSTRACT

In contemporary business environments, large-scale enterprises increasingly integrate sustainability into their corporate mindset and position it as a core element of their vision. In this context, the voluntary adoption of sustainability practices—rather than mere compliance with mandatory regulations—enhances both competitiveness and corporate value. As globalization has tightly interconnected business success with the performance of supply chains, adopting a sustainability-oriented approach has become essential across the entire logistics process.

Sustainability practices in cold chain logistics—which play a vital role in preserving the freshness, safety, and quality of perishable food products—make a significant contribution to overall sustainability, particularly by reducing food waste and minimizing energy losses.

This study aims to provide a comprehensive overview of sustainability practices in cold chain logistics transportation within the Turkish retail sector. For this purpose, a content analysis was conducted on the 2023 Sustainability Reports of CarrefourSA, Şok, and Bizim Toptan, as well as the 2023 Integrated Annual Report of Migros and the 2024 Integrated Annual Report of Bim — five major retail chains operating in Türkiye whose shares are traded on Borsa Istanbul (BIST). The findings were evaluated within the framework of the economic, environmental, and social dimensions of sustainability.

The findings of the study reveal that these companies are increasingly implementing practices related to economic and environmental sustainability. The outcomes of these initiatives demonstrate their contribution to both dimensions. In this context, measures such as route optimization, the use of electric vehicles, energy efficiency, and carbon emission reduction are commonly adopted in cold chain transportation. However, practices addressing social sustainability appear to be relatively limited when compared to economic and environmental efforts. In particular, insufficient emphasis is placed on areas such as employee training in cold chain management and raising awareness of food safety. Therefore, a holistic approach that encompasses all three dimensions of sustainability is essential to fully realize sustainable cold chain logistics.

It is recommended that this study, which is based on the analysis of secondary data, be expanded through face-to-face interviews with company representatives and further developed to explore the practical implications of the implemented sustainability practices on corporate competitiveness.

Keywords: Cold Chain Logistics, Distribution Channels, Retail Industry, Sustainability, Content Analysis.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

NÖBETÇİ ECZANELERDE ADİL GÖREV DAĞILIMI İÇİN OPTİMİZASYON: SAFRANBOLU ÖRNEĞİ

Aslıhan UĞURLU OGUZ
Karabuk Unıversıty, Faculty Of Engıneerıng And Natural Scıence, Industrıal Engıneerıng
ORCID: 0009-0002-8206-2549

Dr. Öğr. Üyesi Tuğrul BAYRAKTAR
Karabuk Unıversıty, Faculty Of Engıneerıng And Natural Scıence, Industrıal Engıneerıng
ORCID: 0000-0001-5620-5804

ÖZET
Eczaneler, toplumun sağlık hizmetlerinin kesintisiz erişimini sağlayan en temel unsurlarından biridir. Büyük şehirlerde eczanelerin nöbet çizelgeleri eczacılar odası tarafından belirlenip İl Sağlık Müdürlüğünün onayına sunularak hazırlanmaktadır. Karabük'ün yaklaşık 70 bin nüfuslu Safranbolu ilçesinde ise eczacılar nöbet çizelgelerini kura usulüyle ve 3 aylık periyotlarla belirlemektedirler. Ancak bu yöntem, hasta potansiyelleri benzer olan eczanelere farklı sayıda nöbet düşmesine ayrıca hasta potansiyeli fazla olan eczanelerin de nöbet yükünün artmasına neden olmaktadır. Bu durum adil ve dengeli bir nöbet dağılımının önüne geçmektedir. Bu çalışmanın amacı, Safranbolu'da bulunan 21 adet eczanenin hasta potansiyellerine göre nöbet dağılımının belirlenmesidir. Hasta potansiyeli yüksek olan eczaneye az nöbet yükü, hasta potansiyeli az olan eczane veya eczanelere ise fazla nöbet yükü atayarak eczanelerin nöbet çizelgelerinde adil ve dengeli bir dağılım sağlanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla matematiksel bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, ilçedeki eczaneler ve hasta potansiyelleriyle ilgili mevcut veriler kullanılarak tasarlanmış ve farklı senaryolar üzerinden test edilmiştir. Testler sırasında Python'ın Gurobi kütüphanesinden yararlanılmıştır. Model çıktıları, mevcut kura yöntemine kıyasla nöbetlerin daha adil ve dengeli biçimde dağıldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, geliştirilen modelin yalnızca Safranbolu da değil, benzer ölçekli yerleşim birimlerinde de uygulanabilir bir çözüm sunduğu sonucuna varılmıştır.
Anahtar Sözcükler: Nöbetçi eczane, nöbet çizelgeleme, optimizasyon, matematiksel modelleme.

OPTIMIZATION FOR FAIR DUTY DISTRIBUTION IN ON-DUTY PHARMACIES: THE SAFRANBOLU EXAMPLE

Abstract
Pharmacies are one of the most fundamental elements ensuring uninterrupted public access to healthcare services. In major cities, pharmacy duty schedules are determined by the Chamber of Pharmacists and submitted to the Provincial Health Directorate for approval. In the Safranbolu district of Karabük, with a population of approximately 70,000, pharmacists determine their duty schedules by drawing lots on a three-month basis. However, this method results in unequal shift allocations for pharmacies with similar patient potential and increases the duty load for pharmacies with higher patient potential. This prevents a fair and balanced duty distribution. The aim of this study is to determine the duty distribution of 21 pharmacies in Safranbolu based on their patient potential.

The aim is to ensure a fair and balanced distribution of pharmacy duty schedules by assigning low duty loads to pharmacies with high patient potential and high duty loads to pharmacies or pharmacies with lower patient potential. A mathematical model was developed for this purpose. The developed model was designed using existing data on pharmacies and their patient potential in the district and tested under various scenarios. Python's Gurobi library was utilized during the tests. Model outputs reveal a more equitable and balanced distribution of shifts compared to the existing lottery method. Furthermore, it was concluded that the developed model offers a viable solution not only in Safranbolu but also in similar-sized settlements.

Keywords: On-call pharmacy, shift scheduling, optimization, mathematical modeling.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MISIR ARAP CUMHURİYETİNİN YEREL YÖNETİM YAPISININ İNCELENMESİ

Aleyna Kevser ÖZTÜRK
Kapadokya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0009-0008-7065-5009

Araştırma Görevlisi Mustafa Gökberk ERTAN
Kapadokya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0001-9484-4463

Özet
Bu araştırmada, Mısır Arap Cumhuriyeti'nin siyasal ve yönetsel yapısı analiz edilerek bilhassa yerel yönetim yapısı ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Mısır başkanlık tipi rejimin hakim olduğu, merkeziyetçiliğin güçlü biçimde kurumsallaştığı bir siyasal sistem ile yönetilmektedir. Ülkenin anayasası ve yasal düzenlemeleri göz önünde bulundurulduğunda, yerel yönetimler yasal çerçevede özerkliğe sahip görünse de merkezi otoritenin sıkı vesayeti altında yürütülmektedir. Araştırmada öncelikle Mısır'ın anayasal düzeni, yürütme organının görev ve sorumlukları ile birlikte yetki alanı, yasama ve yargı arasındaki güç dengesi ilişkilerine değinilmiş ve siyasal sistemin genel görünümü aktarılmıştır. Sonrasında, Mısır'da yerel yönetimlerin kapsamı, yetki ve sorumlulukları, yerel meclislerin etkinliği ve merkezi yönetim ile olan ilişkisi detaylı biçimde incelenmiştir. Yerel düzeydeki yönetişim düzeyi, halkın yerel yönetimlere katılım sıklığı ve yerel hizmet sunumlarının kapsamı gibi alanlarda karşılaşılan zorluklara da değinilmiştir. Mısır'daki yerel yönetim birimlerinin demokratikleşme ve yönetişim ilkeleriyle ne ölçüde örtüştüğü, bölgesel kalkınmaya olan etkisi eleştirel bir değerlendirme ile sunulmuştur.
Anahtar Sözcükler: Mısır Arap Cumhuriyeti, Yerel Yönetimler, Yetki ve Sorumluluk

EXAMINATION OF THE LOCAL GOVERNMENT STRUCTURE OF THE ARAB REPUBLIC OF EGYPT

Abstract
In this study, the political and administrative structure of the Arab Republic of Egypt is analyzed, with particular emphasis on the local government structure. Egypt is governed by a presidential system of government, with a political system characterized by a strong institutionalization of centralization. Considering the country's constitution and legal regulations, although local governments appear to have autonomy within the legal framework, they are operated under the strict supervision of the central authority. The study first addressed Egypt's constitutional order, the powers and responsibilities of the executive branch, the balance of power between the legislative and judicial branches, and provided an overview of the political system. Subsequently, the scope, powers, and responsibilities of local governments in Egypt, the effectiveness of local councils, and their relationship with the central government were examined in detail. The study also addresses the challenges encountered in areas such as the level of governance at the local level, the frequency of public participation in local government, and the scope of local service delivery.

The extent to which local government units in Egypt align with democratic and governance principles, as well as their impact on regional development, is presented through a critical evaluation.

Keywords: Arab Republic of Egypt, Local Government, Authority and Responsibility

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DÜNDEN BUGÜNE ŞÜPHECİLİĞİN SERENCAMI

Dr. Öğretim Üyesi Cansu KAYMAL
Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0002-9265-8779

Ebru ALKAYA
Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0009-0003-6038-4771

ÖZET
Bu çalışma, felsefi düşüncenin temel dinamiklerinden biri olan şüpheciliğin tarihsel gelişimini incelemeyi amaçlamaktadır. Antik Yunan'da mitostan logosa geçişle birlikte ortaya çıkan ilk sorgulama biçimleri, özellikle Sofist düşünceyle sistematik bir şüpheciliğe evrilmiş; Sokratesçi yöntemle daha da kurumsallaşmıştır. Antik Yunan'daki Sofistlerden ve Sokrates'ten başlayarak kurumsallaşan şüpheci yaklaşım, erken Hristiyanlık döneminin patristik teolojisinde mistik ve dogmatik bir zemine çekilmiş, ancak Ortaçağ skolastiğinde Aristoteles'in yeniden keşfiyle birlikte yeniden felsefi tartışmaların merkezine taşınmıştır. Rönesans ve Reform hareketleriyle birlikte Aristoteles metinlerine yeniden yönelim ve doğa araştırmalarındaki ivmeyle, şüphe yeniden düşünsel sahneye çıkmıştır. Aydınlanma ile akıl, kesinliğin yeni kaynağı haline gelirken, şüphe bu kez mistik dogmalara karşı bir araç olarak yeniden değer kazanmıştır.
Modernizm ile metodolojik şüphecilik bilimsel düşüncenin temel taşı haline gelmiş; fakat post-modern düşüncede bu yaklaşım, radikal bir göreceliğe dönüşerek, şüphenin araç olmaktan çıkıp amaç haline gelmesiyle sonuçlanmıştır. Çalışmanın temel sorunsalı, şüpheciliğin tarih boyunca nasıl konumlandığı, işlevinin nasıl değiştiği ve bu değişimin epistemolojik çerçevede ne tür sonuçlar doğurduğudur. Varsayımımız, şüpheciliğin tarihsel olarak düşüncenin gelişimini teşvik eden bir araçken, günümüzde nihai bir tutum olarak konumlandığıdır. Bu bağlamda çalışmada felsefi metinler üzerinden karşılaştırmalı tarihsel analiz yöntemi izlenmiş, şüpheciliğin anlam dönüşümüne odaklanılmıştır. Bu perspektif, felsefi düşüncenin dönüşümünü anlamak açısından hem teorik hem pedagojik katkılar sunmayı hedeflemektedir.
Anahtar Kelimeler: Şüphecilik, akıl, bilgi, sorgulama.

FROM PAST TO PRESENT: THE COURSE OF SKEPTICISM

ABSTRACT
This study aims to examine the historical development of skepticism, which is one of the fundamental dynamics of philosophical thought. The initial forms of questioning that emerged with the transition from mythos to logos in Ancient Greece evolved into a systematic skepticism especially through Sophist thought and were further institutionalized with the Socratic method. The skeptical approach, which became institutionalized starting from the Sophists and Socrates in Ancient Greece, was drawn into a mystical and dogmatic framework during the patristic theology of early Christianity. However, in the medieval scholastic period, skepticism once again became central to philosophical discussions with the rediscovery of Aristotle.

With the Renaissance and Reformation movements, the renewed orientation towards Aristotelian texts and the momentum in natural inquiries brought skepticism back onto the intellectual scene. During the Enlightenment, while reason became the new source of certainty, skepticism was revalued as a tool against mystical dogmas.
With modernism, methodological skepticism became the cornerstone of scientific thought; however, in postmodern thought, this approach turned into a radical relativism, resulting in skepticism ceasing to be a means and becoming an end in itself. The main problematic of the study is how skepticism has been positioned throughout history, how its function has changed, and what kind of epistemological consequences this transformation has produced. Our assumption is that skepticism, historically a tool that encouraged the development of thought, has today become a final stance. In this context, a comparative historical analysis method based on philosophical texts is employed, focusing on the semantic transformation of skepticism. This perspective aims to provide both theoretical and pedagogical contributions to understanding the transformation of philosophical thought.
Keywords: Skepticism, reason, knowledge, inquiry.

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, felsefe tarihinde şüpheciliğin geçirdiği dönüşümü incelemek ve bunun bilgi, iktidar ve otorite ilişkileri açısından anlamını tartışmaktır. Çalışmanın temel sorunsalı, şüphenin hakikat arayışında nasıl bir işlev gördüğü ve mutlak hakikat iddialarının neden şüpheyle sınanması gerektiğidir. Varsayımımız, şüphenin dogmaların çözülmesi için elzem olduğu; ancak mutlaklaştırıldığında nihilizme kapı aralayabileceğidir. Bu bağlamda şüphecilik hem kurucu hem de yıkıcı yönleriyle ele alınacaktır.
Şüphe (doubt), en temel anlamıyla bir iddianın ya da bilginin kesinliğinden emin olmama, onu eleştirme ve sorgulama durumunu ifade eder. Bu kavram, insan zihninin hakikat ile kurduğu ilişkinin dinamik yapısını açığa çıkarır. Şüphecilik (skepticism) ise bu sorgulama tutumunu sistematik bir felsefi yöntem hâline getiren gelenektir. Şüphecilik bilginin, otoritenin ve inanışların temellerini sürekli sorgular; mutlak hakikat iddialarını sınamaya tabi tutar. Bu yönüyle dogmaların çözülmesine aracılık ederek düşünsel özgürleşmenin kapılarını aralar. Ancak şüphecilik, yalnızca yapıcı değil aynı zamanda yıkıcı bir potansiyele de sahiptir. Eleştirel düşünmeyi besleyen bir tavır olarak kurucu bir rol oynarken, sınırlarını aşarak mutlaklaştırıldığında bilgiye ve hakikate ulaşmayı tümden imkânsızlaştıran bir nihilizme dönüşebilir. Dolayısıyla şüphenin felsefe tarihinde oynadığı rol hem eleştirel düşüncenin temeli hem de düşünsel yıkımın kaynağı olabilmiştir.
Şüphenin işlevleri bu bağlamda üç başlık altında özetlenebilir. Birincisi, şüphe eleştirel düşünmenin zeminini hazırlar. İddiaların ve ön kabullerin sorgulanması, insan zihnini dogmatik kabullerin dar kalıplarından çıkararak özgürleştirir. İkincisi, şüphe otorite, gelenek ve dogmalara karşı sorgulayıcı bir tavır içerir. Bu tavır, bilginin, dinin veya siyasetin mutlak iddialarını sınamaya açarak bireysel ve toplumsal özgürleşmeye katkı sağlar. Üçüncüsü, şüphe kuruculuğu ve yıkıcılığı diyalektik olarak bünyesinde birleştiren bir düşünsel tutumdur. Hakikati aramanın ön koşulu olduğu kadar, hakikatin hiçbir zaman mutlak biçimde ele geçirilemeyeceğini de hatırlatan bir imkân sunar.
Hakikat ve otorite ilişkisi açısından bakıldığında şüphecilik daha da kritik bir anlam kazanır. Tarih boyunca bilimin otoritesi ile dinin otoritesi arasında gerilimli bir ilişki olmuştur. Pozitivist düşüncede bilimin otoritesi, “bilim böyle söylüyor” mutlaklığına indirgenmiş; bilimsel bilgi dışındaki tüm bilgi türleri hurafe olarak damgalanmıştır. Burada ayrım, deneysel olarak doğrulanabilir ampirik bilimsel bilgi ile kanıtlanabilirliği olmayan inanışlar arasına çekilmiştir.

Buna karşılık dinlerin doğası gereği mutlak hakikatler içerdiği kabul edilir. Dinî bilginin yöntemi akıl ve deney değil, vahyedilene iman ve inançtır. Dolayısıyla dinin hakikat iddiası, bilimin yöntemsel sınırlılıklarından farklı bir düzlemde işler. Siyasi iktidar ise meşruiyetini çoğu zaman bu iki kaynaktan (bilimden veya dinden) ya da her ikisinden birden devşirmiştir. Bu nedenle şüphecilik yalnızca felsefi bir tutum değil, aynı zamanda bilginin, inancın ve iktidarın kesişim noktasında tarih boyunca belirleyici bir rol oynamıştır.

Bu çalışma, şüpheciliğin tarihsel serüvenini felsefe tarihinin farklı dönemeçleri üzerinden incelemeyi amaçlamaktadır. Birinci bölümde, Antik Yunan'da şüpheciliğin doğuşu ve sınırları ele alınacaktır. Burada Sofistlerin görelilik tezleri, Sokrates'in eleştirel yöntemi, Platon ve Aristoteles'in bilgi anlayışları, Epiküros ve Stoacıların kesinlik arayışları ile Pyrrhon ve Sextus Empiricus'un sistematik şüpheciliği tartışılacaktır. İkinci bölümde, Ortaçağ'da İslam düşüncesi ve Batı skolastiği üzerinden şüpheciliğin gelişimi değerlendirilecektir. Bu kısımda Gazali ve Aquinas gibi figürlerin şüpheye dair yaklaşımlarının farklılığı ortaya konacaktır. Üçüncü bölümde, Rönesans ve Aydınlanma döneminde modern şüpheciliğin ortaya çıkışı incelenecek; özellikle Montaigne, Descartes ve Hume'un şüphecilik mirasına katkıları ele alınacaktır. Dördüncü bölümde ise postmodern dönemde hakikatin parçalanışı, bilgiye yönelik mutlak güvensizlik ve iktidar söylemleriyle iç içe geçmiş bir şüphecilik anlayışı tartışılacaktır. Sonuç bölümünde ise şüpheciliğin hem dogmaları yıkıcı hem de nihilizme kapı aralayabilecek çift yönlü karakteri değerlendirilecek ve çağdaş düşünce için ne tür imkânlar sunduğu tartışmaya açılacaktır.

Sonuç olarak, şüpheciliğin felsefe tarihinde üstlendiği rol, yalnızca epistemolojik bir tutum olmanın ötesinde, hakikat, otorite ve iktidar arasındaki ilişkilerin anlaşılmasında kritik bir öneme sahiptir. Şüphe, bir yandan dogmatik iddiaları çözen ve eleştirel düşünceyi besleyen kurucu bir güç iken, öte yandan mutlaklaştırıldığında nihilizme sürükleyebilecek yıkıcı bir potansiyeli barındırır. Bu nedenle şüpheciliğin tarihsel serüveninin incelenmesi, yalnızca geçmişin bir entelektüel mirası değil, günümüzün bilgi, inanç ve iktidar ilişkilerine dair de derin bir perspektif sunmaktadır.

2. ANTİK YUNAN'DA ŞÜPHECİLİK

Antik Yunan düşüncesinde şüpheciliğin filizlenebilmesi, öncelikle düşüncenin mitosun anlatı dünyasından logosun rasyonel sorgulamasına yönelmesiyle mümkün olmuştur. Homeros ve Hesiodos'un destanlarında hakikat, tanrıların iradesi ve mitik anlatıların otoritesiyle açıklanırken; Miletoslu doğa filozofları ile evrenin ilkesi (arkhe) üzerine akıl yürütme ön plana çıkmıştır (Kirk, Raven, & Schofield, 1983). Böylece doğa, ilahi iradenin ürünü olmaktan çıkarak rasyonel sorgulamanın nesnesi hâline gelmiştir. Bu dönüşüm, kuşkunun doğması için gerekli entelektüel zemini hazırlamıştır.

Sofistler bu bağlamda kritik bir dönemeçtir. Protagoras'ın "İnsan her şeyin ölçüsüdür" (Arslan, 2011) sözü, bilginin göreliliğini ortaya koyarak hakikatin mutlak ve evrensel olmadığına işaret etmiştir. Gorgias ise daha radikal bir tavırla, "Hiçbir şey var değildir; olsa da bilinemez, bilinse de başkasına aktarılamaz" (Arslan, 2011) iddiasıyla şüpheciliğin kapılarını aralamıştır (Kerferd, 1981). Sofistlerin bu yaklaşımı, bilgi iddialarına duyulan güveni zayıflatmış ve sorgulama kültürünü güçlendirmiştir.

Sokrates, Sofistlerle benzer biçimde bilgi iddialarını sorgulasa da onların göreliliğine karşı hakikatin araştırılabilirliğini savunmuştur. Onun "bildiğim tek şey, hiçbir şey bilmediğimdir" (Platon, *Apologia*, 21d) ifadesi, kuşkunun yıkıcı değil, yapıcı bir rol oynayabileceğini göstermiştir. Sokrates'in diyalektik yöntemi, şüpheyi bilgelik arayışının aracı hâline getirmiştir (Guthrie, 1971). Sokrates'in Atina'da idam edilmesi, şehir-devletin yasalarının ve otoritesinin sorgulanamazlığını ortaya koyan çarpıcı bir örnektir.

Eleştirel yöntemleriyle gençleri "devletin tanrılarına inanmamaya" yönlendirmekle suçlanmış ve yasaları çiğnememek için idamı kabullenmiştir. Bu durum, *polis* düzeninin sorgulanmasının ne denli tehlikeli görüldüğünü göstermektedir.

Platon, Sokrates'in sorgulama yöntemini sistemleştirerek idealar kuramına yönelmiştir. Ona göre duyular dünyası değişken ve aldatıcıdır; gerçek bilgi yalnızca aklın kavradığı idealar dünyasında bulunabilir (*Republic*, 509d–511e). Bu yaklaşım, Sofistlerin göreliliğine karşı kesin bilgi arayışını sürdürürken aynı zamanda şüpheciliğin epistemolojik zemininin güçlenmesine katkıda bulunmuştur (Annas, 1992).

Aristoteles ise hocası Platon'dan farklı olarak bilgiyi duyusal deneyim ve aklın birlikteliğinde temellendirmiştir. *Metafizik*'in girişinde "tüm insanlar doğası gereği bilmek ister"(Aristoteles, 1982) diyerek bilginin imkânına dair güvenini ifade etmiş; mantık sistemini kurarak akıl yürütmenin kesinlik sınırlarını belirlemiştir. Bu yönüyle Aristoteles, şüpheciliğin sınırlarını çizmiş; eleştirel düşünceyi yadsımadan, onu dogmatik bilgi arayışıyla dengelemiştir (Barnes, 1975).

Epiküros ve Stoa felsefesi de şüpheciliğin geliştiği bağlamı şekillendiren iki önemli karşıt okul olmuştur. Epiküros, bilginin duyular aracılığıyla elde edilebileceğini ve doğru kullanıldığında güvenilir olduğunu savunmuş; insanın korkulardan kurtulup *ataraxia*'ya (ruh dinginliğine) ulaşması için dogmatik bir bilgi anlayışını gerekli görmüştür (Long & Sedley, 1987). Bilindiği üzere Epiküros felsefesinde ruhun ve aklın stabil durumunu bozabilecek bilinmezlikler; öte dünyaya, tanrıya, ölüme dair bilinmezliklerle dolu kötücül düşünceler insana fayda sağlamadığı gibi zarar vermektedir. Bu sebeple mutluluğun yolu bu gibi düşüncelerden ve bilinmezliğin karanlığından sıyrılarak akıl ve ruh sağlığının korunması hedeflenmektedir. Stoacılar ise doğanın logosla uyumlu ve rasyonel bir düzen olduğunu öne sürmüş, bu düzenin kavranabileceğini ve insanın bilge yaşamı için kesin bilgiye ulaşabileceğini savunmuşlardır (Diogenes Laertios, *Lives*, VII.87–89). Bu iki okulun bilgiye dair güveni, Pyrrhoncu şüpheciliğin özellikle onlarla tartışma içinde şekillenmesine yol açmış; şüpheciler, Epikürosçu ve Stoacı iddiaları sürekli eleştirerek kendi yöntemlerini geliştirmişlerdir.

Pyrrhon (MÖ 360–270), dogmatik bilgi iddialarına karşı temel bir kuşku ortaya koymuş ve bunu yaşam biçimi hâline getirmiştir. Onun yöntemi, herhangi bir şeyin gerçekliğine dair kesin bir yargıya varmaktan kaçınmak ve böylece ruhsal huzur olan *ataraxia*ya ulaşmaktır. Bu yaklaşımın merkezinde yargıyı askıya alma (*epochē*) yer alır; Pyrrhon, dünya ve nesnelerin görünüşlerinin eşit ağırlıkta olabileceğini vurgulayarak, bireyi dogmatik iddiaların baskısından kurtarmayı amaçlamıştır (Guthrie, 1971).

Pyrrhoncu şüphecilik, doğrudan bir felsefi sistem sunmasa da etkisi uzun ömürlü olmuştur. Bu etki, Sextus Empiricus (MS 2. yüzyıl) aracılığıyla hem metodik hem de sistematik bir boyut kazanmıştır. Sextus, Pyrrhon'un görüşlerini derleyip genişleterek şüpheciliği felsefi bir yöntem hâline getirmiştir. Onun eserlerinde, özellikle *Pyrrhoniae Hypotyposes*'te, şüpheciliğin araçları ve mantıksal stratejileri (*tropoi*) ayrıntılı bir şekilde sunulur. Bu stratejiler aracılığıyla, dogmatik iddiaların çelişkili ve eşit güçte (argümanların eşgüçlülüğü) olduğunu göstermek ve yargıyı askıya almak mümkün kılınmıştır (Sextus Empiricus, I.1–33). Sextus'un katkısı, Pyrrhon'un şüpheciliğini sistematik ve metodik bir disiplin hâline getirmesidir; şüphe, yalnızca bireysel bir tutum veya etik bir yaşam tarzı olarak kalmaz, aynı zamanda mantıksal argümanlarla desteklenen epistemolojik bir stratejiye dönüşür.

Sonuç olarak, Antik Yunan'da mitostan logosa geçiş, şüpheciliğin doğuşuna giden yolu hazırlamış; Sofistlerin görelilik ve imkânsızlık tezleri, Sokrates'in eleştirel yöntemi, Platon'un idealar kuramı ve duyulara yönelik güvensizliği, Aristoteles'in mantıksal kesinlik arayışı, Epiküros ve Stoacıların bilgiye dair dogmatik güveni, Pyrrhon'un yargıyı askıya alma yöntemi ve Sextus Empiricus'un sistematik şüpheciliği, Antik Yunan şüpheciliğinin tarihsel ve felsefi zemininin temel halkalarını oluşturmuştur.

3. ORTAÇAĞ'DA ŞÜPHECİLİK

3.1. Ortaçağ İslam Düşünce Dünyasında Şüphecilik

Ortaçağ İslam düşüncesinde şüphecilik, iman ile akıl arasındaki denge üzerinden ele alınmıştır. Bu dengeyi kurmaya yönelik çabalar, dinî ve dünyevî alanların birbirini tamamladığına dair temel bir varsayıma dayanmaktadır. Nitekim İslam siyaset geleneğinde yer alan "din ile devlet ikiz kardeştir" formülü (Gazâlî, 2004), imamet kurumunun varlığını hem naklî hem de aklî delillerle temellendirirken; imamın görevi de hem dünyevî hem uhrevî saadeti bir arada sağlamak olarak tanımlanmıştır (Rosenthal, 1996). Bu anlayış, yalnızca siyasetnâmelerde değil, İslam felsefesi geleneğinde de karşılık bulur. Felsefede, vahyin akılla çelişiyor gibi görünen yönlerinin akla göre te'vili ve bâtınî anlamlarının ortaya konulması şeklinde tezahür eder. Antik Yunan felsefe mirasından beslenen İslam felsefesi, insanın düşünsel ve aklî etkinliklerindeki nihai gayeyi "ebedî mutluluk" olarak tanımlar. Bu mutluluk, varlığın özüne dair ilk hakikatin, ilk nedenin ve ilk muharrikin bilgisiyle mümkündür. Çünkü bu bilgi, evreni ve evrenin bir prototipi olan insanı tanımanın anahtarıdır.

Hakikat bilgisine iki yolla ulaşılabilir: Biri felsefî düşünce aracılığıyla aklın yetkinleşmesi, diğeri ise vahyin okunmasıyla imanın derinleşmesidir. Zira hakikat, hakikatle çelişmez; dolayısıyla akıl ile vahyin çelişmesi de mümkün değildir. Her ikisi de insanı aynı hakikate ve aynı mutluluğa ulaştıran farklı yollardır. İbn Sînâ, el-Kindî ve Fârâbî gibi filozoflar, Aristoteles'in peripatetik felsefesini İslam dünyasına Meşşâî ekolüyle taşımış ve vahye dayalı bilgiyi aklın süzgecinden geçirerek, felsefe aracılığıyla aklın yetkinleşmesini erdem ve mutlulukla özdeşleştirmişlerdir. Platon'un siyaset felsefesinden esinlenen Fârâbî, ay üstü âlemdeki mükemmel nizamın ay altı âlemde, yani yeryüzünde, ancak bilge bir yöneticinin egemenliğiyle kurulabileceğini savunmuştur. Bu yönetici ya bir filozoftur ya da bir peygamberdir. Her ikisi de bilgeliğin en yüksek düzeyi olan faal akılla ittisal hâlindedir; ancak aralarındaki fark, faal aklın filozofa akıl yoluyla, peygambere ise muhayyile kuvveti aracılığıyla ulaşmasıdır (Fârâbî, 2001). Kısacası İslam Meşşâî felsefe geleneği, nakle dayalı bilgiyi aklın sorgulayıcı süzgecinden geçirerek şüpheye tâbî tutmuş, nihayetinde ise akıl ile vahyin birleştiği bir hakikate ulaşmıştır. Bu hakikat temelinde inşa edilen siyaset felsefesi ise, erdem ve mutluluğun aklî yetkinlikle birleştiği bir toplum idealine dayanmaktadır.

İbn Rüşd bu entelektüel çabayı bir adım ileri taşıyarak felsefe öğrenmeyi ve aklın en üstün işlevlerinden biri olan Aristotelesçi tanıtlama metodunu (İslam felsefesinde burhani metot) hakikate ulaşmanın metodu olarak görmüştür. Bilinen durum ve olaylardan bilinmeyen durum ve olaylara yönelik yargılar çıkarmak anlamına gelen bu metot aklı, zahiren mantığa aykırı dinî anlatıları mantığa uygun olarak te'vil etmeye yönlendirir. İbn Rüşd'e göre bu te'vil işlemi, ancak felsefede yetkin, seçkin bir azınlık tarafından yerine getirilmelidir. Çünkü nasların mantığa uygun bâtınî yorumu, halkın genelinde yanlış anlamalara yol açabileceği için ulu orta tartışılmamalıdır. Aksi hâlde, aklî yeterliliği bulunmayan çoğunluğun imanı zedelenebilir; bu da felsefenin tehlikeli görülmesine neden olur. İbn Rüşd'ün epistemolojisinde, geniş halk kitlelerini hakikate ulaştıran yöntem dinî anlatılarken; filozoflar hakikate felsefeyle ulaşır.

Felsefenin dinî meşruiyetini sorgulayanlarla entelektüel düzlemde mücadele eden İbn Rüşd, felsefeyi sadece caiz değil, seçkin zihinler için vâcip olarak değerlendirmiştir (Çaylak ve Şahbaz, 2018). Gazâlî gibi din âlimlerinin ve kelamcıların yöntemlerine karşı her zaman temkinli ve şüpheci yaklaşan İbn Rüşd, felsefe ile dini tek hakikatin iki farklı yolu olarak görmüştür. Ona atfedilen "çifte hakikat öğretisi" ise bizzat İbn Rüşd'ün değil, onun Batılı takipçileri olan Latin Averroescu filozofların yorumudur (Corbin, 2010).

İbn Rüşd'ün siyaset felsefesinde ebedî mutluluk ve erdem, aklî ilkelere dayalı bir devlet düzeni içinde mümkündür. Epistemolojisinde, akıl ile vahyin çelişmeyeceğini ve hatta birbirini tamamladığını savunduğu için, bu devletin şeriata dayalı olması gerektiğini ileri sürmüştür (Rosenthal, 1996). Onun bilgi ve siyaset felsefesindeki bu yaklaşımı, büyük ölçüde Fârâbî öncülüğündeki Meşşâî geleneğin etkilerini taşır. Ancak bu gelenekten keskin biçimde ayrılarak şüpheci felsefeyi İslam düşüncesinde bağımsız bir doğrultuda şekillendiren filozof, önemi sıklıkla göz ardı edilen İbn Bâcce olmuştur. Antik Yunan ve İslam felsefesi geleneğindeki seleflerinin ve hatta Ortaçağ Batı düşüncesi, Rönesans ve modern felsefeyi etkileyecek haleflerinin çoğu "erdemli bir devlet nasıl olmalıdır?" sorusunu merkeze alırken, İbn Bâcce bu soruyu sorgulamayı reddetmiş; daha az kişinin cesaret edebildiği bir soruya yönelmiştir. Otoriteye duyduğu derin şüpheyle hareket eden İbn Bâcce, erdemli bir devletin kurulma ihtimalinin çok düşük olduğunu, kurulsa bile zamanla yozlaşacağını varsaymıştır. Bu nedenle felsefî sorgulamasını, "erdemli bir toplum nasıl inşa edilir?" sorusundan çok, "erdemden yoksun bir toplumda, erdemli birey kendi erdemini koruyarak nasıl mutlu olabilir?" sorusu etrafında inşa etmiştir. Yozlaşmış toplumda erdemli bireyin durumunu, "nevâbit" (ayrıksı otlar) metaforuyla betimleyen İbn Bâcce, tıpkı tarlada kendiliğinden çıkan otlar gibi olan bu bireylere olumlu bakmıştır. Zihinsel ve ruhsal bakımdan yetkin olan bu kişiler, toplumla tam bir uyum kuramayacakları için yalnızlığa mahkûmdurlar; bu durum, onları "mütevahhid" olarak tanımlar. Erdemsiz yaşam tarzlarına, alışkanlıklara ve bilgi zannıyla benimsenen yanılgılara karşı şüpheyle yaklaşan bu "nevâbit" bireylerin mutluluğa ulaşmasının tek yolu, İbn Bâcce'ye göre yozlaşmış çoğunluktan itizâl etmektir (İbn Bâcce, 2017).

Bir metot olarak şüpheyi yalnızca İslam dünyasındaki felsefe geleneğiyle sınırlamak, gerçeği tam anlamıyla yansıtmaz. Müslüman din âlimleri, kelamcılar ve fâkihler de dogmalara körü körüne bağlı kalmak yerine, yer yer şüpheci bir yaklaşım benimsemişlerdir.

Felsefeyi ve filozofların yöntemlerini yakından bilen, fakat bir filozof olmayan Gazâlî, şüpheciliğe hakikate ulaşmada vazgeçilmez bir araç olarak değer vermiştir. Ona göre "şüphe, hakikate götüren şeydir; çünkü şüphe duymayan birisi bakmaz, bakmayan birisi görmez ve görmeyen birisi hayatı boyunca kör ve cahil kalır." Gazâlî'ye göre akıl, hakikate ulaşmada önemli bir araçtır; duyulardan daha güvenilir olsa da mutlak hakikate yalnızca akılla ulaşmak mümkün değildir. Aklın ötesinde, keşf ve ilham yolu vardır. Ancak bu yolla ulaşılan bilgi, ancak imanın aydınlatması ve ilahî inayetle gerçek anlamına kavuşabilir (Gazâlî, 1960). Gazâlî bu araçsal şüpheciliği siyaset düşüncesinde ise kullanmamıştır. Selçuklu veziri Nizâmülmülk'ün kurduğu Nizamiye medreselerinde üstlendiği görevler ve kaleme aldığı *Fedâihu'l-Bâtıniyye* (*Batınîliğin İç Yüzü / el-Mustazhirî*) adlı eserinde, İslam'ın Sünni ana damarına uymayan bâtınî mezheplere karşı açık bir entelektüel mücadele yürütmüştür.

Müderris ve fakih kimliğinin ötesinde, kendisi kurmamış olsa da Hanefî mezhebinin imamı olarak kabul edilen İmam-ı Azam Ebû Hanife de şüpheciliğini özellikle hadis otoritesine karşı tutumunda göstermiştir. Ehl-i Hadis âlimleri tarafından "hadis düşmanlığı" ile suçlanmasına rağmen, Ebû Hanife aslında hadis adı altında aktarılan uydurma ve tutarsız rivayetlerin otoritesini sorgulamış, nas ile sabit olmayan meselelerde aklı ve şüpheyi devreye sokarak ictihad kapısını sonuna kadar açık tutmuştur.

Fıkıhta akıl yürütmeyi, kıyası ve istihsânı sistematik hâle getirerek Ehl-i Rey ekolünün kurucusu olan Ebû Hanife'nin müçtehidliği, kör taklide karşı sergilediği ilkeli duruşun bir göstergesidir. Bu yaklaşımını öğrencilerine "Benim sözümü de alın, ama doğru bulmazsanız terk edin" diyerek açıkça ortaya koymuştur. Yani kendi görüşlerine bile eleştirel ve şüpheci yaklaşılmasını istemiştir (Çaylak ve Bakacak, 2018).

Görüldüğü üzere Ortaçağ'da İslam dünyasında hem felsefede hem siyasette hem de ilim alanında şüphe önemli bir yer tutmuştur. Ancak dinlerin doğası gereği hakikat iddiası taşıması, dinî bir düşünce sisteminde şüpheciliğin felsefî anlamda ne kadar yer bulabildiğini sınırlı kılar. Bu noktada belirleyici olan, dinî inancın içselleştirilmesi kadar, aklın vahiy karşısındaki konumudur. Diğer bir ifadeyle, vahyin akıl süzgecinden geçirilip geçirilmemesi bu sınırı tayin eder. İslam dünyası, özellikle felsefe geleneği üzerinden bu konuda verimli bir zemin üretmiş olsa da dinî ve dünyevî otorite arasındaki sınırların çizilememesi, din ile siyasetin ayrıştırılamaması ve ulemânın siyasi sistemin bir sözcüsüne dönüşmesi, şüpheci düşüncenin etkisini zayıflatmıştır. Mu'tezile düşüncesi, Meşşâî felsefesi ve özellikle Endülüslü filozoflarla doruk noktasına ulaşan şüpheci akıl, sonraki yüzyıllarda İslam dünyasını belki de bir daha geri dönmemek üzere terk etmiş görünmektedir.

3.2. Ortaçağ Hristiyan Düşünce Dünyasında Şüphecilik

İslam felsefe geleneğiyle aynı yüzyıllarda, Hristiyan Batı dünyasında da farklı düşünsel hareketler gelişmeye başlamıştır. Bu hareketler, İslam dünyasındaki kadar hızlı serpilememiştir; ancak etkileri uzun vadede daha kalıcı ve köklü olmuştur. Bu farkın temelinde, Batı'da dinî gücün İslam dünyasından farklı olarak dünyevî otoriteden bağımsız bir alan olarak örgütlenmesi ve Kilise'nin zamanla devletin de önüne geçen bir güç ve otorite kazanması yatmaktadır. Kilise'nin bu güçlü konumu, kendi öğretilerine şüpheyle yaklaşan düşünsel çıkışları bastırmış, muhalif sesleri daha ortaya çıkmadan susturmuştur. Buna karşılık, Batı düşüncesinin uzun vadede İslam dünyasındaki şüpheci gelenekten daha etkili ve kalıcı olması, son kertede dinî alan ile dünyevî alan arasında yaşanan bir hesaplaşma sayesinde mümkün olmuştur. Bu hesaplaşma, dünyevî düşünce biçiminin, yaşam tarzının ve siyaset anlayışının galip gelmesiyle sonuçlanmış; böylece düşünce, dinin sınırlarından bağımsızlaşabilmiştir. İslam dünyasında ise dinî ve dünyevî alanlar çoğunlukla birbirini tamamlayan bir bütünlük içinde görülmüştür. Bu nedenle, Batı'daki gibi bir çatışma ve kopuş yaşanmamış; felsefe, bilim ve siyaset gibi alanlara dinî inanç sisteminin dışından bakmak çoğu zaman mümkün olmamıştır.

Ortaçağ Batı düşüncesinde şüphecilik, uzun bir dönem boyunca Kilise'nin belirlediği dogmalarla sınırlı kalmıştır. Hristiyanlığın ilk dönemini şekillendiren Patristik dönemde, özellikle Hz. İsa ve Aziz Pavlus'un öğretilerine sıkı sıkıya bağlı din adamları etkili olmuştur. Bu dönemin en önemli isimlerinden biri olan Aziz Augustinus, kesinliğin yalnızca Tanrı'da bulunabileceğini savunmuş ve insan aklının sınırlılığını vurgulamıştır. Bu yaklaşım, inancı şüpheye kapalı bir zemin üzerine inşa etmiştir (Augustinus, 2010). Augustinus, tüm varlığı, aklı ve bilgiyi Tanrı karşısında bağımlı ve edilgin olarak konumlandırmıştır. Bu anlayışla, Patristik dönemin genel ruhuna uygun şekilde, dünyevî otoritenin karşısında Katolik Kilisesi'ni mutlak ve özerk bir güç olarak yüceltmiştir (Ağaoğulları, 2015).

Batı Ortaçağ'ı genellikle dogmatik düşünce, bağnazlık, bilimsel gerilik, sosyal yaşamda derin eşitsizlik, hukuksuzluk, Kilise'nin mutlak hâkimiyeti ve sorgulayıcı düşüncelere karşı sert cezalar gibi özellikleriyle "karanlık bir dönem" olarak anılır. Her ne kadar bu tanımlama Ortaçağ'ın belirli bir yönünü yansıtsa da söz konusu karanlık dönem esasen 8. yüzyıla kadar süren Patristik dönemin sonlarına doğru yoğunlaşmış ve 11. yüzyılda başlayan Haçlı Seferleri'ne kadar devam etmiştir.

Haçlı Seferleri sonrasında, Avrupa'da ticaretin canlanması, kentlerin ekonomik olarak özerk yapılar hâlinde örgütlenmeye başlaması ve burjuva sınıfının tarihsel bir aktör olarak ortaya çıkışı, düşünsel iklimde de önemli değişimlere yol açmıştır. Avrupa'nın çeşitli kent merkezlerinde ilk üniversitelerin kurulması ve bu merkezlerde öğrencilerin yoğunlaşması, entelektüel hareketleri canlandırmıştır. Bu dönemde akıl ile vahiy, bilgi ile iman ilişkilerinde, aklı ve bilgiyi edilgin konumda gören Patristik felsefenin yerini, kademeli biçimde Skolastik felsefe almıştır. Skolastisizm, her ne kadar aklı vahyin, bilgiyi imanın önüne koymamış olsa da bu ilişkiyi yeniden yapılandırmaya çalışmış, onları karşıt değil, birbirini tamamlayan unsurlar olarak değerlendirmiştir. Bu yaklaşım, büyük ölçüde Ortaçağ İslam dünyasında İbn Rüşd ile temsil edilen felsefî geleneğin etkisini yansıtır. Düşünsel ilginin, ideayı nesneden aşkın gören Platoncu anlayıştan, sureti maddeye içkin gören Aristotelesçi yaklaşıma kayması da bu değişimi beslemiştir. Skolastik düşüncenin bu evriminde, İbn Rüşd'ün Aristoteles şerhleri kritik bir rol oynamıştır. Onun metinleri, Batı'da Kilise'nin mutlak otoritesinin sorgulanmasında bir dönüm noktası olmuş; yavaş ama köklü bir zihniyet dönüşümünün önünü açmıştır (Ağaoğulları, 2015; Şenel, 1995).

İbn Rüşd'ün eserleri, 13. yüzyıl başlarında Michel Scott tarafından Latinceye çevrildikten sonra, Albertus Magnus, Thomas Aquinas, Brabantlı Siger ve Daçyalı Boethius gibi skolastik düşünürlerin katkılarıyla Latin İbn Rüşdçülüğü ekolü oluşmuştur (Russell, 1972).

Thomas Aquinas, imana öncelik veren Aziz Augustinus'tan farklı olarak, Hristiyan inançlarının akıl yoluyla da kavranabileceğini savunmuştur. Ona göre hakikat, akıl ile kavranabilen bir boyuta sahiptir; aklın sınırlarını aştığı noktalarda ise iman devreye girer. Bu bağlamda Aquinas, imanı aklın alternatifi değil, tamamlayıcısı olarak değerlendirmiştir. Siyaset felsefesi açısından bakıldığında, Aquinas evrenin Tanrısal aklın belirlediği ebedî yasalarla, beşerî toplumların ise insan aklıyla üretilmiş pozitif yasalarla yönetildiğini savunur. Bu yasa ayrımı içerisinde "kutsal yasa"yı ise vahiy bilgisine dayanan ayrı bir kategori olarak konumlandırır. Böylece Kilise ile yeryüzü devleti arasındaki sınırları belirginleştirir ve her birini özerk alanlar olarak tanımlar (Şenel, 1995). Her ne kadar Kilise'yi, nihai amacı ebedî saadet olduğu için, dünyevî otoritelerden üstün bir konuma yerleştirse de; siyaseti teolojiden bağımsız bir disiplin olarak ele alması (Ağaoğulları, 2015), Thomas Aquinas'ı akla verdiği önemle birlikte Skolastik geleneğin içinde yer alan, ancak dönemin mutlak doğrularına karşı eleştirel ve ölçülü bir şüphe taşıyan düşünürlerden biri olarak öne çıkarır.

Brabantlı Siger, Ortaçağ Avrupa'sında zayıf da olsa izlenebilen şüpheci duruşu daha radikal bir düzeye taşımıştır. "Doğal bir biçimde, doğal olaylar hakkında konuştuğumuzda Tanrı'nın mucizelerine dair hiçbir şey yoktur" ifadesiyle, doğa olaylarının açıklanmasında mucize arayışlarını gereksiz bulduğunu açıkça dile getirmiştir. Siger, ruhun ölümsüzlüğü konusunda da benzer şekilde geleneksel yaklaşımların dışına çıkmış ve ruhun ölümsüzlüğünü reddetmiştir. Ancak onun dönemin dinî otoriteleri tarafından kınanmasına ve lanetlenmesine neden olan şey, yalnızca âlemin ezeliliği ya da ruhun ölümü gibi fikirleri değildir. Asıl tepki, felsefeye adanmış bir yaşam biçimini ve sorgulayıcı aklı, ulaşılabilecek en mükemmel yol olarak görmesine yöneliktir (Siger, 1972).

Latin İbn Rüşdçülüğü çizgisinin dışında kalan Ockhamlı William, Ortaçağ Batı Hristiyan felsefesinde en özgün din adamı–filozof figürlerinden biri olarak öne çıkar. Onun şüpheciliği, bir yandan Kilise'nin mutlak otoritesini ve ruhban sınıfının ayrıcalıklı konumunu sorgulayarak Kilise içi demokrasi fikrine vurgu yaparken, diğer yandan merkezi devlet otoritesinin yerinden yönetim esasına göre örgütlenmiş topluluklar tarafından paylaşılması gerektiğini savunur. Ockhamlı William'ın şüpheciliği hem dinî hem de dünyevî iktidara yöneliktir. Tüm kurumların insanlara hizmet etmek amacıyla var olduğunu düşünen William, bu yapıların hiçbirinin mutlak hakikatin tek temsilcisi olamayacağını ileri sürmüştür.

Zaten onun nominalist felsefesi, mutlak ve evrensel hakikatlere yer bırakmaz. "Varlıklar zorunluluktan fazla çoğaltılmamalıdır" ilkesine dayanan ünlü *Ockham'ın usturası*, aşkın anlamları, tümel kavramları ve evrensel kategorileri gerçeklik alanından dışlamayı hedefler. Ockhamlı William'ın felsefesinde, gerçeklik yalnızca duyu organlarıyla algılanabilen tikel varlıklardan ibarettir (Ağaoğulları, 2015). Bu nedenle "devlet" gibi kavramların, insanlar topluluğunun ötesinde herhangi bir aşkın anlamı yoktur. Din, kültür, adalet ve benzeri tümel kavramlar da yalnızca zihinsel soyutlamalardır. Onun şüpheciliği, dönemin sorgulanması tabu kabul edilen otoritelerine karşı doğrudan bir meydan okuma niteliği taşır.

Görüldüğü gibi, Ortaçağ'da şüphecilik İslam düşünce dünyasında akıl–iman ilişkisi etrafında farklı damarlar üretirken; Batı'da daha çok Kilise ve devlet otoritelerine yöneltilmiştir. Kilise'nin gücü ile dünyevî iktidarın bu otorite karşısında özerklik kazanma mücadelesi, Hristiyan Batı dünyasında yalnızca dogmatizmin ve bağnazlığın değil, aynı zamanda akıl, doğa, insan, Tanrı ve toplum anlayışlarında köklü bir dönüşümün habercisi olmuştur. Bu dönem, Batı düşüncesinde bir yeniden doğuşun ayak seslerini taşıyan tarihsel bir eşik olarak değerlendirilebilir.

4. RÖNESANS VE AYDINLANMANIN MODERN ŞÜPHECİLİĞİ

Rönesans dönemi, Antik Yunan ve Roma düşüncesinin yeniden keşfiyle birlikte, insanın merkezi bir varlık olarak konumlandırıldığı bir entelektüel atmosfer yaratmıştır. Bu bağlamda, hümanizm insanı bilgi ve etik sorgulamanın ölçütü olarak ön plana çıkarırken, şüphecilik de eleştirel düşüncenin bir aracı hâline gelmiştir. Montaigne (1533–1592), denemelerinde bu yaklaşımı klasik bir biçimde ortaya koyar. Ona göre insan, bilgiye dair sürekli kuşku içinde bulunmalı, kendi sınırlılıklarını fark ederek bilgelik arayışını sürdürmelidir (Montaigne, *Essais/Denemeler*, I.20). Bu bakış açısıyla şüpheciliğin hayat boyu devam eden bir süreç olması ve insanın sürekli yolda olma haliyle adeta bir gezgin profili çizmesi öngörülmektedir. Hiçbir zaman tam olmayan ve olamayacak olan insanın bu sürekli yolda olma haliyle kendini inşa etmesi söz konusudur. Montaigne'in şüpheciliği, Pyrrhoncu bir geleneğin bireysel ve epistemolojik boyutlarını modern dünyaya taşır; kuşku, dogmatik iddiaları sorgulamanın yanı sıra insanın kendisini tanımasının da bir yolu olarak sunulur.

17.yüzyılın başında Descartes (1596–1650), modern felsefede şüpheciliği metodik bir araç hâline getirerek radikal bir dönüşüm gerçekleştirmiştir. Descartes'ın *Meditationes de prima philosophia*'sında (Meditasyonlar) ortaya koyduğu metodik şüphe, tüm inanç ve önermeleri geçici olarak askıya almayı (*epoché*) ve yalnızca şüphe edilemeyecek kesin bilgiye ulaşmayı hedefler (Descartes, 1641/1985). Bu yaklaşım, klasik kuşkuculuğun etik ve yaşam boyutunu epistemik bir stratejiye dönüştürmüş; düşüncenin öznesi olarak insanın aklına güvenini yeniden tesis etmiştir.

John Locke (1632–1704) ve David Hume (1711–1776), İngiliz empirizmi çerçevesinde bilginin sınırlarını sorgulamış, deneyim ve gözlemin epistemolojideki rolünü vurgulamışlardır. Locke'a göre bilgi, zihnin deneyimle şekillenen *tabula rasa* (boş levha) süreciyle oluşur; insanın algı ve gözlemlerine dayanmayan iddialar şüpheyle karşılanmalıdır (*Essay Concerning Human Understanding*, II.1). Hume ise nedensellik ve sebep-sonuç ilişkilerine dair klasik beklentileri sorgulamış, insan aklının kendiliğinden zorunlu bağlantılar kuramayacağını öne sürerek epistemik şüpheyi radikal boyuta taşımıştır.

Immanuel Kant (1724–1804), modern şüpheciliğin eleştirel boyutunu sistematik olarak geliştirmiştir. Kant'a göre ne rasyonel akıl ne de deneyim tek başına kesin bilgi sağlayabilir; ancak İnsan aklı, deneyimi yapılandıran kategoriler aracılığıyla bilgiyi mümkün kılar (Kant, 1998, A19/B33). Bu yaklaşım, modern şüpheciliği sınırlı bir epistemik güven ile yeniden dengeleyerek insan aklına güveni ve öznelliği koruma çabası olarak okunabilir.

Kant'ın eleştirel felsefesi, Rönesans ve Aydınlanma'da filizlenen hümanist şüpheciliğin felsefi doruk noktası olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, Rönesans ve Aydınlanma düşüncesi, hümanizmin insana güvenini, metodik ve epistemik şüphecilik ile birleştirerek modern felsefenin temelini atmıştır. Montaigne'in bireysel kuşkusu, Descartes'ın metodik şüphesi, Locke ve Hume'un deneyime dayalı eleştirisi ile Kant'ın eleştirel sistematiği, şüpheciliğin etik ve epistemolojik boyutlarını bir araya getirerek insanın düşünsel özerkliğini ve bilginin sınırlarını sorgulama kültürünü oluşturmuştur.

Aydınlanma düşüncesi, bilgi ile iktidar arasındaki geleneksel bağları kırmaya yönelmiştir. Bu dönemde öne çıkan "Sapere aude" (Kendi aklını kullanma cesareti) çağrısı, bireyin otoriteye karşı aklını bağımsız bir şekilde kullanma hakkını vurgulamıştır (Kant, 1999). Şüphe, yalnızca felsefi bir yöntem olmaktan çıkıp siyasal ve toplumsal bir işlev kazanmış; dogmatik ve baskıcı yapıların çözülmesinde, özgürleşme ideallerinin doğuşunda etkin bir araç hâline gelmiştir.

Aydınlanma filozofları, bilginin tekeli üzerindeki otoriteyi sorgulamış, deneyim, akıl ve eleştirel düşünceyi toplumun temel değerleri hâline getirmişlerdir. Böylece şüphe hem epistemolojik hem de etik bir erdem olarak bireyin özgürleşme potansiyelini desteklemiştir (Israel, 2001). Bu yaklaşım, modern demokrasi ve eleştirel kamu kültürünün doğuşunda önemli bir temel oluşturmuştur.

Rönesans ve Aydınlanma düşüncesi, Ortaçağ'ın Tanrı merkezli epistemolojisine karşı radikal bir yeniden konumlanmayı içerir. Ortaçağ boyunca kutsallar, bilginin ve hakikatin mutlak teminatı olarak işlev görmüş, insanın bilgiye erişimi ilahî otorite aracılığıyla sağlanmıştır. Modern şüphecilik ise bu kutsalların yerini insan aklına devrederek epistemik ve etik bir devrim gerçekleştirir. Montaigne'in denemelerinde ortaya koyduğu bireysel kuşku, yalnızca dogmatik inançları sorgulamakla kalmaz; insanın kendi sınırlılıklarını fark ederek bilgelik arayışına yönelmesini de sağlar. Böylece Ortaçağ'da Tanrı'ya verilen epistemik otorite, modern çağda insan aklına ve deneyime aktarılır.

Descartes, metodik şüphesiyle tüm inançları geçici olarak askıya alırken, hakikatin kesinliğini yalnızca akıl yoluyla tesis edebileceğini gösterir. Bu süreç, klasik kuşkuculuğun etik ve yaşam boyutunu epistemik bir stratejiye dönüştürürken, Ortaçağ'dan devralınan kutsallık anlayışını yerinden eder. Locke ve Hume, deneyim ve gözlemi bilgi için belirleyici kıstas haline getirerek insan aklının özerkliğini pekiştirir; Kant ise aklın deneyimi yapılandırma yetisini sistematik olarak ortaya koyar.

Bu dönüşüm, sadece felsefi değil, siyasal ve toplumsal bir boyut da kazanır. Ortaçağ'da Tanrı'ya atfedilen mutlak otorite, modern dönemde aklın ve eleştirel düşüncenin özneliğinde yeniden şekillenir. Aydınlanma çağının "Sapere aude" çağrısı, bireyin aklını bağımsız olarak kullanma hakkını ve dolayısıyla kendi yaşamı üzerindeki sorumluluğunu vurgular. Böylece şüphe, artık yalnızca epistemik bir yöntem değil, toplumsal ve siyasal özgürleşmenin de aracı haline gelir.

Özetle, modern şüphecilik, Ortaçağ'ın kutsallarını insan aklı lehine devreden bir süreç olarak değerlendirilebilir; kuşku, dogmatik kesinlikleri yıkarken, insanı hem düşünsel hem de etik bir özerklik yolculuğuna davet eder. Bu, modern felsefenin temelini oluşturan ve insanın düşünsel özerkliğini vurgulayan bir paradigma değişimidir.

5. POSTMODERN ŞÜPHECİLİK

Postmodern dönemde şüphecilik, modern akla ve evrensel bilgi iddialarına yönelmiş, klasik epistemik paradigmaları eleştirel bir süzgeçten geçirmiştir. Modern düşünce, Aydınlanma ile birlikte aklı ve nesnel bilgiyi merkezine almış, evrensel hakikat iddialarını savunmuştur.

Ancak postmodern filozoflar, bu iddiaların tarihsel, kültürel ve iktidarsal koşullardan bağımsız olmadığını göstermiştir.

Jacques Derrida (1930–2004), metinlerin anlamının sabit ve kesin olamayacağını, her anlamın sürekli farklı bağlamlarda kaydığını öne sürerek dekonstrüksiyon yöntemiyle modern bilginin temel varsayımlarını sorgulamıştır (Derrida, 1967/1976). Bu yaklaşım, modern aklın nesnel ve kesin bilgi üretme iddiasını kırmış ve şüphenin metodolojik bir boyut kazanmasına yol açmıştır.

Michel Foucault (1926–1984), bilgi ve iktidar arasındaki içkin ilişkiye dikkat çekmiş, modern bilgi üretim süreçlerinin iktidar mekanizmalarıyla şekillendiğini göstermiştir (Foucault, 1975/1995). Ona göre "gerçek" olarak kabul edilen bilgiler, tarihsel ve toplumsal koşullara bağlı olarak üretilir ve bu nedenle şüphe, bilgiyi iktidar ilişkileri bağlamında eleştirebilmenin temel aracıdır.

Jean-François Lyotard (1924–1998) ise büyük anlatılar ve evrensel hakikat iddialarını eleştirerek postmodern şüpheciliği sistematik bir felsefi perspektife taşımıştır (Lyotard, 1979/1984). Lyotard'a göre bilgi, tek bir evrensel ölçüt üzerinden değerlendirilemez; farklı anlatılar ve yerel bilgi biçimleri arasında sürekli bir şüphe ve sorgulama süreci gereklidir.

Postmodern şüphecilik modern aklı ve klasik epistemik paradigmaları eleştirirken, bilgiyi tarihsel, toplumsal ve kültürel bağlamlarla ilişkilendirir. Derrida, Foucault ve Lyotard'ın çalışmaları, şüphenin artık yalnızca bireysel veya epistemik bir araç olmadığını, aynı zamanda toplumsal ve iktidarsal yapıları sorgulayan eleştirel bir yöntem hâline geldiğini göstermektedir.

Postmodern düşünce, modern felsefenin temel varsayımlarını ve klasik epistemik paradigmaları sorgulamış, şüpheyi yalnızca bilgi üzerine değil, mantık, doğa yasaları ve özne anlayışı gibi temel kavramlara da yöneltmiştir.

Aristoteles'in mantığı, özellikle çelişmezlik ilkesi (bir şey aynı anda hem var hem yok olamaz), postmodern felsefede problematize edilmiştir. Derrida'nın dekonstrüksiyon yaklaşımı, mantığın ve kategorik ayrımların kesin sınırlarını sorgulayarak, anlam ve gerçeklik üzerindeki sabitlik iddialarını belirsizliğe açmıştır (Derrida, 1967/1976).

Galileo ve modern doğa bilimlerinin dayandığı matematiksel yasalarla doğanın eksiksiz açıklanabilirliği iddiası, postmodern perspektifte eleştirilmiştir. Foucault'nun bilgi-iktidar analizleri, bilimsel bilgi ve doğa yasalarının toplumsal ve tarihsel koşullarla şekillendiğini göstermiştir; böylece evrensel ve mutlak bir doğa bilgisi iddiası şüpheye tabi tutulmuştur (Foucault, 1975/1995).

Kartezyen dualizm ve zihin–beden ayrımı da postmodern eleştirinin odağı olmuştur. Lyotard ve diğer postmodern düşünürler, öznenin tekil, sabit ve bireysel bir varlık olarak tanımlanamayacağını; aksine, öznenin parçalı, ilişkisel ve tarihsel olarak inşa edildiğini öne sürmüşlerdir (Lyotard, 1979/1984). Bu eleştiri, insan aklı ve bilginin tek merkezli, mutlak temellere dayandırılmasını sorgulamış, şüphenin epistemik sınırlarını genişletmiştir.

Sonuç olarak, postmodern şüphecilik klasik paradigmaları yeniden değerlendirmiş; Aristoteles mantığı, Galilei fiziği ve Kartezyen dualizm gibi temel yapı taşları, kültürel, tarihsel ve dilsel bağlamlar çerçevesinde eleştiriye tabi tutulmuştur. Bu süreç, şüphenin artık yalnızca bireysel epistemolojik bir araç değil, aynı zamanda modern bilginin ve özne anlayışının temel varsayımlarını sorgulayan sistematik bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Postmodern şüphecilik, yalnızca bireysel ve epistemik dogmaları sorgulamakla kalmamış, modern toplumun temel yapı taşlarından biri olan ulus-devletin homojenleştirici ve tek hakikatçi yapısını da kuşkuya tabi tutmuştur. Ulus-devlet, modernizmin evrensel hakikat ve norm üretme iddiasının merkezi bir aracı olarak işlev görmüş; postmodern düşünce, bu iddiaların tarihsel ve toplumsal koşullardan bağımsız olmadığını göstermiştir.

Bunun yanında toplumun en küçük yapı taşı olan bireyin özne durumu sorgulamaya açılmış, klasik anlatının insan-özne merkezli yapı taşları şüpheci sorgulamalarla söküme uğratılmıştır. Bu sebepledir ki post-modern çağın merkezi artık Aydınlanma'nın yüce insan değildir. Bu da Türker Kılıç'ın da deyimiyle ikinci Kopernik devrimi olarak adlandırılabilir (Kılıç, 2024).

Jean Baudrillard, ulus-devletin inşa ettiği "gerçeklik"i bir simülasyon olarak yorumlamış ve devletin sunduğu hakikat iddialarının kendi temsil oyunlarıyla yaratıldığını göstermiştir (Baudrillard, 1981/1994). Michel Foucault, modern devletin gözetim, disiplin ve normatif mekanizmaları aracılığıyla bireyleri nasıl şekillendirdiğini çözümlemiş ve bilginin iktidarla içkin ilişkisini ortaya koymuştur (Foucault, 1975/1995). Jean-François Lyotard ise ulus-devleti modernitenin en güçlü "büyük anlatısı" olarak görmüş ve bu anlatının parçalanışını postmodern durumun tipik bir örneği saymıştır (Lyotard, 1979/1984).

Postmodern şüphecilik, modern aklın kesin bilgi üretme iddiasını sorgularken bilimsel paradigmalara da yansımıştır. Kuantum mekaniği, klasik mantığın ötesine geçerek, bir parçacığın aynı anda hem A hem B olabileceğini göstermiş; böylece kesinlik ve mutlak hakikat kavramlarının kırılabileceğini ortaya koymuştur (Heisenberg, 1927/1971). Benzer şekilde, Bayesyen matematik ve olasılıksal yaklaşım, bilginin sabit ve mutlak bir değer olmadığını; yeni veriler geldikçe sürekli güncellenen inanç dereceleri üzerinden tanımlandığını göstermiştir. Bu bağlamda, kesin bilgi yerine olasılık dağılımları vardır ve bilgi sürekli revizyona açıktır. Tıpkı belli aralıklar güncelleme alan bir yazılım gibi hatta sürekli yolda olan bir gezginin hayat yolculuğu boyunca kendi benliğini inşa etmesi ile özdeşleştirilebilir.

Postmodern şüphecilik yalnızca dogmaları yıkmakla kalmamış, hakikatin mutlak zemininin imkânsızlığını ilan ederek, ulus-devletin modernitenin hakikat iddiaları üzerine kurulu otoritesini de sorgulamıştır. Kuantum fiziği ve Bayesyen matematik örnekleriyle birleşen bu yaklaşım, bilginin artık koşullu, bağlama göre değişen ve sürekli yeniden inşa edilen bir süreç olduğunu göstermektedir. Bu durum, bir yandan çoğulculuk ve özgürleşmeyi mümkün kılarken, öte yandan nihilizm ve belirsizlik risklerini de beraberinde getirmektedir.

Postmodernizm bağlamında şüphecilik, artık düşüncenin ilerlemesini sağlayan geçici bir yöntem değil, kendi başına kalıcı bir tutum haline gelir. Antik Yunan'daki ya da Descartes'taki gibi "hakikate ulaşmak için" kullanılan bir araç olmaktan çıkar; çünkü postmodern duyarlılıkta her hakikat iddiası, her kesinlik talebi, "büyük anlatıların" bir parçası ve bilgi tekelciliğinin ifadesi olarak görülür. Lyotard'ın ifadesiyle modernitenin evrensel ve ilerlemeci anlatılarına duyulan inanç yıkılmıştır; bu nedenle şüphe, bir şeyin peşinden gitmekten çok, her şeyi askıda bırakmak için işletilir.

Bu durum, göreceliğin radikalleşmesine yol açar: her bilgi söylemi yalnızca kendi bağlamında geçerlidir, bu bağlamların üzerinde ortak ya da evrensel bir ölçüt yoktur. Sonuçta şüphe, artık yaratıcı ya da yapıcı bir güç olmaktan ziyade, kendi kendini sürekli yeniden üreten bir boşluk haline gelir. Bir başka açıdan şüphe bu haliyle kendi kuyruğunu yiyen yılanın döngüsel hali gibidir. Böylece, kesinlik iddiası taşıyan her önerme reddedilirken, geriye yalnızca bitimsiz bir belirsizlik ve anlam erozyonu kalır. Bu da çoğu düşünürün vurguladığı gibi, bir tür "epistemolojik hiççilik"le sonuçlanır: bilgiye duyulan güven yitirildiğinde, hakikatin yerine sadece çoğul ama temelsiz söylemler kalır.

Postmodern dönemde şüphe, artık düşüncenin ilerlemesini sağlayan bir yöntem olmaktan çıkarak kendi başına bir tutum haline gelmiştir. Kesinlik talep eden her önerme, bir "büyük anlatı"nın parçası olarak bilgi tekelciliğiyle özdeşleştirilir ve bu nedenle reddedilir. Bu tutumun epistemolojik sonucu nasıl bir "hiççilik"se, siyasal alandaki yansıması da benzer bir çözümsüzlüktür.

Tarih boyunca her dönemin siyasal düzeni, o çağın hakikat anlayışıyla uyumlu olmuştur: Ortaçağ'da Tanrı merkezli kozmolojiyi yansıtan feodalite; erken modern dönemde düzen ve güç ihtiyacının ifadesi olan merkezi monarşiler; modern çağda ise bireyin aklına ve özgürlüğüne dayalı demokrasi öne çıkmıştır. Ancak postmodern bağlamda, hakikatin göreceli olduğu ve evrensel ölçütlerin imkânsızlığı kabul edildiğinde, "iyi yönetim biçimi" sorusu cevapsız kalır. Çünkü herhangi bir siyasal sistemin "doğru" ya da "iyi" olduğu iddiası, ister istemez evrensel bir ölçüte dayanır; oysa postmodern duyarlılıkta her ölçüt, iktidarın ve tahakkümün kelepçelerini andıran bir söylem olarak görülür.

Böylece siyaset alanı da bilgi alanı gibi parçalı, yerel ve geçici pratiklerin çoğulluğuna indirgenir. Ortak bir siyasal yönelim üretmek neredeyse imkânsız hale gelir; zira bu yöndeki her girişim yeni bir "büyük anlatı" olarak şüpheyle karşılanır. Postmodern şüphecilik, böylelikle bir siyasal tahayyül de üretemez; demokrasi, özgürlük ya da eşitlik gibi evrensel değerlerin bile savunusu, kendi evrensellik iddiaları yüzünden kuşkulu bulunur. Sonuçta, postmodern siyaset bir imkân olmaktan çok, bir imkânsızlık, bir "siyasal hiççilik" olarak belirir.

6. SONUÇ

Bu çalışma, şüphenin felsefe tarihinde bir araç mı yoksa amaç mı olduğu sorusunu dönemler-arası bir izlekte tartışmaya açmaktadır. Antik Yunan'da mitostan logosa geçişle birlikte şüphe bilgi iddialarını arındıran bir yöntem olarak doğmuş; Ortaçağ'da İslam ve Latin Hristiyan dünyalarında, akıl–vahiy/iman ilişkisini yeniden kurmak için ölçülü ve araçsal biçimde kullanılmıştır. Rönesans ve Aydınlanma'da Montaigne, Descartes, empiristler ve Kant üzerinden, şüphe metodik ve eleştirel bir çekirdeğe kavuşmuş; modern bilimde ilerlemenin motoru olmuştur. Postmodern dönemde ise şüphe, büyük anlatıları, özneyi ve bilginin iktidarla bağını sorgularken, kimi akımlarda amaçsallaşıp radikal görecilik ve nihilizm eşiğine kadar genişlemiştir. Bütün bu serencam, şüphenin ne yadsınması ne de kutsanması gerektiğini; tersine normatif bir ayara kavuşturulmasının elzem olduğunu göstermektedir.

Buradan hareketle çalışmanın temel tezi şudur: Şüphecilik, kurucu-yıkıcı ikiliğini birlikte taşır; fakat verimli olduğu yer, "ilkesel/ölçülü şüphe"nin (fallibilist, gerekçeci, yöntemsel) benimsendiği eşiktir. Şüphe mutlaklaştırılıp amaç haline geldiğinde, epistemik motivasyonu çözer; hakikati arama yönelimi, "eşgüçlülük" retoriğine sığınıp eylemsizliğe ve anlamsızlığa savrulabilir. Buna karşılık yöntemsel ve gerekçeli şüphe, iddiaları sürekli sınar; fakat sınamayı kanıt, gerekçe ve yöntem şeffaflığı ile bağlayarak bilgi üretimini devam ettirir. Böyle bir konum, Aydınlanma'daki "aklını kullanma cesareti"ni postmodern duyarlılıkla (iktidar- söylem eleştirisi) telif eder; ne dogmatizme geri düşer ne de programatik nihilizme teslim olur.

Bu denge, üç ilkeyle pratikleşir:

Fallibilizm: Her bilgi iddiası yanılabilir; fakat bu, her iddianın eşdeğer olduğu anlamına gelmez. Kanıt kümeleri ve yöntemler, daha iyi açıklayan kuramları seçebilir.

Gerekçelendirme ve şeffaflık: Epistemik ve etik iddialar, kullandıkları ölçütleri, veri kaynaklarını ve sınırlılıklarını açıkça belirtmelidir.

İktidar denetimi: Bilginin üretimi, kaçınılmaz bağlamlarıyla (kurumsal, siyasal, ekonomik) birlikte sorgulanmalı; ancak bu sorgu, yerine geçecek daha iyi gerekçeler üretme yükümlülüğünden kaçmamalıdır.

Böylesi bir "ölçülü şüphe" rejimi epistemolojide ilerlemeci ama temkinli bir araştırma etiğini, siyasette meşruiyeti kanıta dayalı muhasebe ve denetime bağlayan bir kamusal aklı, din–bilim ilişkilerinde ise yöntem ayrımlarını gözeterek çatışma yerine usul tartışmasını teşvik eder.

Pedagojik düzlemde sonuç açıktır: Şüphe, bilginin düşmanı değil, disipline edilmiş müttefikidir. Derslik ve araştırma kültüründe hedef, öğrenci ve araştırmacıyı yıkıcı kuşkuya değil, kanıt arayan kuşkuya alıştırmaktır: iddiayı açık formüle etmek, karşı-örnek aramak, yöntemi gerekçelendirmek, sınırları belirtmek ve sonucun geçici olduğunu bilerek yol almak. Son tahlilde, şüphecilik ne yalnızca dogmaları yıkan bir çekiçtir ne de her hakikat iddiasını çözen asitsiz bir asittir. Doğru ayarlandığında, eleştirel güven üreten bir mimaridir: Kurar, söker, yeniden kurar. Bu çalışmanın önerdiği çerçeve, güncel bilgi-ekonomi-siyaset eklemlerinde şüphenin özerk ama sorumlu bir rol üstlenmesini savunur: Araç olarak şüphe, amaç olarak hakikat arayışı. Böylece şüphe, düşüşe değil, iyileştirilmiş gerekçelendirme toplumuna açılan kapı olur.

KAYNAKÇA

Ağaoğulları, M. A. (2015). *Sokrates'ten Jakobenlere Batı'da siyasal düşünceler*. İletişim.

Annas, J. (1992). *Ancient philosophy: A very short introduction*. Oxford University Press.

Aristoteles. (1982). *Metafizik* (A. Arslan, Çev.). Sosyal Yayınlar.

Augustinus. (2010). *İtiraflar* (Ç. Dürüşken, Çev.). Kabalcı.

Arslan, A. (2011). *İlkçağ Felsefe Tarihi 2: Sofistler*. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.

Barnes, J. (1975). *Aristotle's posterior analytics*. Clarendon Press.

Baudrillard, J. (1994). *Simulacra and simulation* (S. F. Glaser, Çev.). University of Michigan Press.

Corbin, H. (2010). *İslam felsefesi tarihi* (H. Hatemi, Çev.). İletişim.

Çaylak, A., & Şahbaz, Y. (2018). Ebu Hanife. In A. Çaylak (Ed.), *İslam siyasi düşünceler tarihi* (ss. 325–354). Savaş Yayınları.

Çaylak, A., & Şahbaz, Y. (2018). İbn Rüşd. In A. Çaylak (Ed.), *İslam siyasi düşünceler tarihi* (ss. 461–476). Savaş Yayınları.

Derrida, J. (1976). *Of grammatology* (G. C. Spivak, Çev.). Johns Hopkins University Press.

Descartes, R. (1985). *Meditations on first philosophy* (J. Cottingham, Çev.). Cambridge University Press.

Diogenes Laertios. (t.y.). *Lives of eminent philosophers*.

Farabi. (2001). *El Medinetü'l-Fâzıla* (N. Danışman, Çev.). MEB Yayıncılık.

Foucault, M. (1995). *Discipline and punish: The birth of the prison* (A. Sheridan, Çev.). Vintage Books.

Gazâlî. (1960). *El-Munkızu min-ad-dalâl* (H. Güngör, Çev.). Maarif Basımevi.

Gazâlî. (2004). *Yöneticilere altın öğütler* (H. Okur, Çev.). Semerkand Yayıncılık.

Guthrie, W. K. C. (1971). *A history of Greek philosophy: Vol. III*. Cambridge University Press.

Heisenberg, W. (1971). *The physical principles of the quantum theory* (C. Eckart & F. C. Hoyt, Çev.). Dover Publications.

Israel, J. (2001). *Radical Enlightenment: Philosophy and the making of modernity 1650–1750*. Oxford University Press.

İbn Bâcce. (2017). *Tedbiru'l-Mütevahhid* (M. Uyanık & A. Akyol, Çev.). Elis Yayınları.

Kant, I. (1998). *Saf Aklın Eleştirisi* (P. Guyer & A. W. Wood, Çev.). Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Kerferd, G. B. (1981). *The sophistic movement*. Cambridge University Press.

Kant, I. (1999). *Aydınlanma nedir?* (A. Çelik, Çev.). Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Kılıç, T. (2021). *Yeni Bilim: Bağlantısallık-Yeni Kültür: Yaşamdaşlık: "Beyin Nedir?"den, "Yaşam Nedir?"e Bir Bilim Serüveni*. Ayrıntı Yayınları.

Kirk, G. S., Raven, J. E., & Schofield, M. (1983). *The presocratic philosophers*. Cambridge University Press.

Locke, J. (1975). *An essay concerning human understanding* (P. Nidditch, Çev.). Clarendon Press.

Long, A. A., & Sedley, D. (1987). *The Hellenistic philosophers*. Cambridge University Press.

Lyotard, J.-F. (1984). *The postmodern condition: A report on knowledge* (G. Bennington & B. Massumi, Çev.). University of Minnesota Press.

Montaigne, M. de. (1993). *Essays* (M. A. Screech, Çev.). Penguin Classics.

Platon. (t.y.). *Apologia; Republic*.

Rosenthal, E. (1996). *Ortaçağ'da İslam siyaset düşüncesi* (A. Çaksu, Çev.). İz Yayıncılık.

Russell, B. (1972). *Batı felsefesi tarihi: Ortaçağ* (M. Sencer, Çev.). Bilgi Yayınevi.

Sextus Empiricus. (1933). *Outlines of Pyrrhonism* (R. G. Bury, Ed. & Çev.). Loeb Classical Library.

Siger de Brabant. (1972). *De anima intellectiva* (C. B. Bazan, Ed.). Philosophes Medievaux.

Şenel, A. (1995). *Siyasal düşünceler tarihi*. Bilim ve Sanat Yayınları.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

EŞİTSİZ ANTLAŞMALARDAN GERİ KABUL ANLAŞMALARINA: HUKUKİ EMPERYALİZMİN NEO-EMPERYAL YANSIMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Soner TAUSCHER
Sakarya Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Uluslararası İlişkiler
ORCID: 0000-0001-7310-566

ÖZET

Sanayi Devrimi'yle birlikte sömürgeciliğin emperyalizme dönüşümü sadece askeri, ekonomik ve kültürel alanlarla sınırlı kalmamıştır. 19. yüzyıl emperyalizminin en dikkat çekici araçlarından biri, Batılı devletlerin Asya ve Osmanlı coğrafyasındaki siyasal, ekonomik ve hukuki hakimiyetlerini kurumsallaştıran eşitsiz antlaşmalar (unequal treaties) olmuştur. Çin'de Nanking (1842), Japonya'da Kanagawa (1854), Hindistan'da İngilizlerin ayrıcalıklı hukuki statüleri ve Osmanlı'ya dayatılan kapitülasyonlar, emperyalizmin askeri boyutunun yanı sıra hukuki yüzünü de yani hukuki emperyalizmi (legal imperialism) göstermektedir. Hukuki emperyalizm bağlamında hukuk, tarafların evrensel eşitlik ilkesi üzerinden düzen kurma aracı olmanın ötesinde Batılı devletlerinin çıkarlarını güvence altına alacak şekilde asimetrik diplomatik ilişkilerin sürdürülmesine hizmet etmiştir.

Bu tarihsel çerçeve ve kuramsal arka plan ışığında, AB'nin kendine yönelen düzensiz göçü önlemek amacıyla üçüncü ülkelerle imzaladığı Geri Kabul Anlaşmaları (GKA) yeni bir hukuki emperyalizmin günümüzdeki yansımaları olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bu bağlamda araştırmanın ana sorusunu; "AB, düzensiz göçü regüle etmek için üçüncü ülkelerle imzaladığı GKA'larla eşitlikçi bir iş birliği mi kurmaktadır, yoksa insan haklarını ve uluslararası yükümlülükleri ikincilleştirerek yeni bir hukuki emperyalizm biçimi mi üretmektedir?" oluşturmaktadır.

Türkiye'nin de içinde bulunduğu 20'den fazla ülke ile imzalanan anlaşmalar incelendiğinde, AB tarafından "düzensiz göçü regüle etme" amacıyla gerekçelendirilen GKA'ların, üçüncü ülkelere yüklediği asimetrik sorumluluklar ve insan haklarının ikincilleştiren düzenlemeler sebebiyle neo-emperyal bir nitelik taşıdıkları söylenebilir. Araştırmada elde edilen bulgular üç ana tema etrafında şekillenmektedir: Egemenliğin Sınırlandırılması ve Bağımlılık başlığı altında, GKA'ların taraf ülkelerin sınır politikalarında egemenlik kaybı yarattığı, mali destek ve diplomatik vaatler üzerinden bağımlılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Asimetrik Yarar ve Hukukun Araçsallaştırılması bağlamında, anlaşmaların AB'nin güvenlik çıkarlarını koruduğu, uluslararası "iş birliği" retoriğini ise tek taraflı yükümlülük dayatmalarının aracı haline getirdiği görülmektedir. Güvenlikleştirme ve Tampon Bölge Oluşturma temasında ise, göçmenlerin hak öznesi olmaktan çıkarılıp güvenlik tehdidi olarak tanımlandığı; Türkiye ve çevre ülkelerin AB'nin dışsallaştırılmış tampon sınırları olarak işlevselleştirildiği bulgularına ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, eşitsiz antlaşmalardan günümüz GKA'larına uzanan çizgi, hukukun evrensel değerlerin değil, güç ilişkilerinin taşıyıcısı olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. AB, kendi sınırlarını hukuken steril hale getirirken, çevresindeki ülkeleri asimetrik yükümlülüklerin taşıyıcısı ve göç hareketlerinin tampon bölgesi haline getirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Legal Emperyalizm, Eşitsiz Antlaşmalar, Geri Kabul Anlaşmaları, Avrupa Birliği, Neo-emperyalizm.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

FROM UNEQUAL TREATIES TO READMISSION AGREEMENTS: NEO-IMPERIAL REFLECTIONS OF LEGAL IMPERIALISM

ABSTRACT

The transformation of colonialism into imperialism during the Industrial Revolution was not confined to the military, economic, and cultural spheres. One of the most striking tools of 19th-century imperialism was the unequal treaties that institutionalized Western powers' political, economic, and legal dominance in Asia and the Ottoman territories. The Treaty of Nanking (1842) in China, the Treaty of Kanagawa (1854) in Japan, the privileged legal status granted to the British in India, and the capitulations imposed on the Ottoman Empire demonstrate the legal face of imperialism alongside its military dimension. In the context of legal imperialism, law, beyond being a tool for establishing order based on the principle of universal equality between the parties, served to maintain asymmetric diplomatic relations that secured the interests of Western powers.

In light of this historical framework and theoretical background, the Readmission Agreements (RAs) signed by the EU with third countries to prevent irregular migration towards the EU raise the question of whether they represent contemporary reflections of a new form of legal imperialism. In this context, the main question of this research is: “Is the EU establishing an egalitarian cooperation through the RAs it signs with third countries to regulate irregular migration, or is it producing a new form of legal imperialism by subordinating human rights and international obligations?”

An examination of agreements signed with more than 20 countries, including Turkey, reveals that the RAs, justified by the EU as “regulating irregular migration,” bear a neo-imperial character due to their asymmetric responsibilities on third countries and the subordination of human rights. The research findings are structured around three main themes: Under the heading of Limitation of Sovereignty and Dependency, it is determined that RAs create a loss of sovereignty in the border policies of the participating countries and create dependency through financial support and diplomatic promises. In the context of Asymmetric Benefits and the Instrumentalization of Law, the agreements appear to protect the EU's security interests while transforming the rhetoric of international “cooperation” into a tool for imposing unilateral obligations. Under the theme of Securitization and the Creation of Buffer Zones, it is found that migrants are no longer subjects of rights but rather are defined as security threats, and Turkey and the surrounding countries are functionalized as externalized buffer zones for the EU.

In conclusion, the line extending from unequal treaties to today's RAs reveals that law functions as the carrier of power relations, not universal values. While legally sterilizing its own borders, the EU is turning neighboring countries into bearers of asymmetric obligations and buffer zones for migration flows.

Keywords: Legal Imperialism, Unequal Treaties, Readmission Agreements, European Union, Neo-imperialism.

TÜRKIYE'DE MADUN SÖYLEMI: LISANSÜSTÜ TEZLERE DAYALI BIR IÇERIK ANALIZI

Ebru ELÇİ
Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Yoksulluk Çalışmaları Doktora Programı
ORCID: 0000-0002-8350-9958

Prof. Dr. Gökçe CEREV
Kocaeli Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri
ORCID: 0000-0001-9908-343X

ÖZET
Bu araştırmanın amacı, Türkiye'de "madun" ve "maduniyet" kavramları çerçevesinde üretilen lisansüstü tezleri inceleyerek bu alandaki akademik eğilimleri, kavramsal yaklaşımları ve kuramsal yönelimleri ortaya koymaktır. Çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizi yöntemi benimsenmiş; veriler, Türkiye Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi'nde "madun" ve "maduniyet" anahtar kelimeleriyle ulaşılan 25 lisansüstü tez üzerinden elde edilmiştir. Örneklem kapsamında, 2011–2025 yılları arasında hazırlanan 19 yüksek lisans ve 6 doktora tezi incelenmiştir. Veri analizi sürecinde tezler; yayın yılı, üniversite türü, program düzeyi, yazım dili, araştırma yöntemleri, konu alanları, ele alınan madun gruplar ve üniversitelerin bölgesel dağılımı gibi değişkenler üzerinden değerlendirilmiş; kodlamalar iki bağımsız uzman tarafından gerçekleştirilmiş ve %98 oranında güvenilirlik sağlanmıştır. Bulgular, 2016 yılının maduniyet temalı tezlerin en yoğun üretildiği yıl olduğunu ortaya koymaktadır. Marmara Bölgesi üniversiteleri, bu alandaki akademik üretimin merkezi konumunda bulunurken, araştırmalarda doküman analizi yönteminin baskın olarak kullanıldığı saptanmıştır. Madun gruplar arasında edebiyat ve sanat temsilleri ile kadınların öne çıktığı; buna karşın yoksullar, etnik/dini azınlıklar ve göçmenler gibi kategorilerin görece sınırlı incelendiği görülmektedir. Ayrıca, çalışmaların en yoğun olarak sosyoloji, siyaset bilimi ve edebiyat disiplinlerinde üretildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, bulgular Türkiye akademisinde maduniyetin, kültürel, toplumsal ve kuramsal eksenlerde çok katmanlı bir olgu olarak ele alındığını ve bu kavramın farklı disiplinlerde çeşitlenen zengin bir tartışma alanı sunduğunu göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Maduniyet, madun, lisansüstü tezler, içerik analizi

SUBALTERN DISCOURSE IN TURKEY: A CONTENT ANALYSIS BASED ON POSTGRADUATE THESES

ABSTRACT
The aim of this research is to examine postgraduate theses produced in Turkey around the concepts of "subaltern" and "subalternism" to reveal academic trends, conceptual approaches, and theoretical orientations in this field. In this study, content analysis, a qualitative research method, was adopted; data were obtained from 25 postgraduate theses accessed through the Thesis Center of the Turkish Council of Higher Education using the keywords "subaltern" and "subalternism." Nineteen master's and six doctoral theses prepared between 2011 and 2025 were examined within the sample. During the data analysis process, theses were evaluated based on variables such as publication year, university type, program level, language, research methods, subject areas, subaltern groups addressed, and the regional distribution of universities.

The coding was carried out by two independent experts, and a reliability of 98% was achieved. The findings reveal that 2016 was the year with the highest production of theses with a subalternism theme. While universities in the Marmara Region are central to academic production in this field, document analysis has been found to be the predominant method used in research. Among subaltern groups, women are prominent in literary and artistic representations, while categories such as the poor, ethnic/religious minorities, and immigrants have received relatively limited analysis. Furthermore, it has been determined that the most intensive studies have been produced in the disciplines of sociology, political science, and literature. In conclusion, the findings demonstrate that subalternity in Turkish academia is addressed as a multilayered phenomenon across cultural, social, and theoretical axes, and that this concept offers a rich field of discussion that diversifies across different disciplines.
Keywords: Subalternity, subaltern, postgraduate theses, content analysis

GİRİŞ

Kavramsal ve Kuramsal Çerçeve

"Maduniyet" kavramı, toplumsal, siyasal ve kültürel bağlamlarda ezilmiş, dışlanmış ya da sesi bastırılmış grupların durumunu tanımlamak için kullanılan çok katmanlı bir kavramdır. Kavramsal kökeni Antonio Gramsci' ye dayanan maduniyet, zamanla postkolonyal teori, feminist düşünce ve kesişimsellik perspektifi gibi çeşitli kuramsal alanlarda da geniş bir şekilde ele alınmıştır. Gramsci, madunları egemen sınıfların ideolojik ve kültürel tahakkümü altında kalan sınıflar olarak tanımlar. Ona göre bu gruplar yalnızca ekonomik olarak değil, kültürel olarak da egemen sınıfın dünya görüşünü içselleştirmiştir (Gramsci, 1971). Gramsci'nin hegemonya teorisi, bu durumu açıklamada temel çerçeveyi sunar. Egemen ideoloji, medya, eğitim ve din gibi araçlarla alt sınıfların düşünce biçimlerini şekillendirirken, bu sınıflar çoğu zaman kendi çıkarlarının farkında olmadan egemenlerin çıkarlarını yeniden üretir. Gramsci bu süreçte entelektüellerin önemine dikkat çeker; "organik entelektüeller" aracılığıyla madun grupların karşı-hegemonya geliştirebileceğini savunur (Gramsci, 1971).

Maduniyet kavramı, postkolonyal bağlamda en fazla Gayatri Chakravorty Spivak'ın "Can the Subaltern Speak?" (1988) adlı çalışmasıyla anılmıştır. Spivak, madunları yalnızca ekonomik anlamda değil, epistemolojik ve söylemsel anlamda da bastırılmış gruplar olarak tanımlar. Özellikle kadınlar gibi kesişen kimliklere sahip bireylerin Batı merkezli bilgi üretiminde seslerinin duyulamadığını vurgular (Spivak, 1988). Ona göre, Batılı teorisyenlerin madunlar adına konuşma çabası bile bu sessizliği derinleştirebilir. Spivak'ın yaklaşımı, yalnızca sınıfsal değil, aynı zamanda kültürel, dilsel ve cinsiyet temelli baskı biçimlerinin de maduniyeti belirlediğini gösterir. Hindistan merkezli Subaltern Studies ekolünün öncülerinden Ranajit Guha ise madunları tarihsel anlatıların dışında bırakılan ama kendi yerel direniş biçimleriyle tarih yazan topluluklar olarak tanımlar (Guha, 1982). Bu yaklaşım, özellikle sömürgecilik karşıtı mücadelelerde köylülerin ve alt sınıfların tarihsel rollerinin görünür kılınmasını hedefler. Subaltern Studies, resmi tarih anlatılarına alternatif bir tarih yazımı önerir. Bu çerçevede Dipesh Chakrabarty'nin "Provincializing Europe" adlı eseri de Batı merkezli tarih anlayışını eleştirerek, farklı coğrafyaların özgün tarihsel deneyimlerinin görünürlüğünü savunur. Chakrabarty' ye göre Batı'nın evrensel olarak dayattığı modernleşme anlatısı, sömürge toplumlarının tarihsel özgünlüğünü bastırmaktadır (Chakrabarty, 2008). Maduniyet, burada tarihsel temsil krizine dönüşür. Feminist düşünürlerden Chandra Talpade Mohanty ise Batı feminizminin Üçüncü Dünya kadınlarını "homojen madunlar" olarak sunmasına karşı çıkar. Ona göre kadınların deneyimleri sınıf, etnik kimlik ve kültürel bağlam gibi çok katmanlı etkenlere göre değişir (Mohanty, 1988).

Benzer şekilde, Kimberlé Crenshaw tarafından geliştirilen kesişimsellik teorisi, bireylerin aynı anda birden fazla baskı ekseni altında madunlaştırılabileceğini vurgular. Örneğin siyah bir kadın hem ırk hem de toplumsal cinsiyet nedeniyle ayrımcılığa uğrayabilir (Crenshaw, 1991). Bu yaklaşım, toplumsal eşitsizliklerin analizinde çoklu kimlik yapılarının dikkate alınmasını zorunlu kılar. James C. Scott'un gündelik direniş teorisi ise madunların sadece bastırılan değil, aynı zamanda direnen özneler olduğunu gösterir. Scott'a göre köylüler, işçiler gibi alt sınıflar; açık başkaldırı yerine gündelik hayatın içinde sembolik, alaycı ya da dolaylı direniş yolları geliştirir (Scott, 1987). Bu mikro düzeydeki direniş biçimleri, görünüşte boyun eğme gibi görünen davranışların altında bir karşı duruş barındırabilir.

Modern dönemde Achille Mbembe'nin nekropolitika teorisi, maduniyetin biyopolitik bir boyut kazandığını ortaya koyar. Mbembe, devletlerin hangi yaşamların sürdürülebilir olduğuna, hangilerinin ise ölüme terk edileceğine karar verdiğini savunur (Mbembe, 2003). Bu bağlamda mülteciler, mahkûmlar ya da etnik azınlıklar gibi gruplar, yaşam hakkı üzerinden bile dışlanarak madunlaştırılabilir. Nancy Fraser ise adaletin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda kültürel tanınmaya da dayanması gerektiğini savunur. Fraser' a göre marjinal grupların adil bir şekilde topluma katılımı için, hem ekonomik kaynaklara erişimleri sağlanmalı hem de kimlikleri tanınmalıdır (Fraser, 1995). Bu çift yönlü adalet anlayışı, özellikle sosyal politika bağlamında madun grupların güçlendirilmesine önemli katkılar sunar.

Maduniyet kavramı, Gramsci'nin sınıf temelli hegemonya yaklaşımıyla teorik temellerini atmış; Spivak, Guha, Crenhaw ve Mbembe gibi düşünürlerin katkılarıyla postkolonyal, feminist, biyopolitik ve kesişimsel boyutlar kazanarak derinleşmiştir. Bu kuramsal çeşitlilik, maduniyetin yalnızca ekonomik değil; aynı zamanda kültürel, söylemsel ve politik bir mesele olduğunu göstermektedir. Günümüzde maduniyet, sınıfla sınırlı kalmayan; etnisite, toplumsal cinsiyet, göç, kimlik, tarih yazımı ve hatta yaşam hakkı gibi farklı eksenlerde deneyimlenen bir olguya dönüşmüştür. Kavramın çok katmanlı yapısı, disiplinlerarası analizleri zorunlu kılar. Bu bağlamda, Türkiye'de yazılmış lisansüstü tezlerin maduniyet kavramını nasıl ele aldığına yönelik yapılacak sistematik bir içerik analizi, yalnızca akademik eğilimleri ve kavramsal yaklaşımları ortaya koymakla kalmaz; aynı zamanda Türkiye akademisinde bu kavramın nasıl teorize edildiğini, hangi alanlarda üretildiğini ve hangi biçimlerde çeşitlendiğini göstermektedir. Böylece çalışma, maduniyetin Türkiye bağlamındaki akademik izdüşümünü görünür kılarak, bu alanda yapılacak yeni araştırmalar için bir temel harita oluşturma işlevi görecektir.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; Türkiye'de madunlara yönelik kaleme alınan lisansüstü tezlerin derinlemesine analizini yapmaktır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki alt amaçlara yanıt aranmıştır.

1. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
2. Lisansüstü tezlerin anahtar kelimelerinin dağılımı nasıldır?
3. Lisansüstü tezlerin program dağılımına göre yayın dili nedir?
4. Lisansüstü tezlerde kullanılan yöntemler nelerdir?
5. Lisansüstü tezlerin yayımlandığı üniversitelerin bölgelere göre dağılımı nasıldır?
6. Lisansüstü tezlerde ele alınan madunlar kimlerdir?
7. Lisansüstü tezlerde ele alınan konu alanları nelerdir?

YÖNTEM

Araştırmanın Yöntemi

Bu araştırmada, nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizi kullanılmıştır. Nitel araştırmalar, sosyal gerçekliğin bireylerin anlam dünyaları ve yorumları çerçevesinde incelendiği, esnek ve derinlemesine veri toplama süreçlerini içeren araştırmalardır. Bu yaklaşımda, nicel ölçümlerden ziyade, olayların ve olguların anlamı, bağlamı ve yorumu ön plandadır (Creswell, 2014). Nitel araştırmalar, araştırmacının doğal ortamda veri topladığı, süreci katılımcıların bakış açısıyla anlamaya çalıştığı, açıklayıcı ve keşfedici özellik taşıyan yöntemler arasında yer alır (Yıldırım & Şimşek, 2018). Nitel araştırmalarda kullanılan içerik analizi yöntemi, metin temelli verilerin sistematik bir şekilde çözümlenmesini sağlayan bir analiz biçimidir. Bu yöntem, yazılı, sözlü ya da görsel verilerde yer alan temaları, kalıpları, kategorileri ve anlam yapılarının belirlenmesine olanak tanır. İçerik analizi, yalnızca verilerin özetlenmesini değil, aynı zamanda onların bağlamsal olarak yorumlanmasını da amaçlar (Miles & Huberman, 1994).

Araştırma sürecinde içerik analizi, verilerin kodlanması, kategorilere ayrılması ve temaların oluşturulması şeklinde ilerler. Bu süreç, verilerin açık uçlu, yoruma dayalı ve derinlemesine anlaşılmasına olanak tanır (Mayring, 2021). Özellikle sosyal bilimlerde, politik söylem, medya metinleri, akademik yayınlar ya da röportajlar gibi metinsel verilerin analizinde sıklıkla tercih edilen bu yöntem, araştırmacıya hem tümevarımsal hem de tümdengelimsel analiz yapma imkânı sunar. İçerik analizi, nitel araştırmanın temel ilkeleriyle uyumlu olarak, bağlamın dikkate alındığı, esnek fakat sistematik bir yapı sunar. Anlamın yüzeyin ötesinde, derin yapılar içinde aranması gerektiği varsayımıyla hareket eder. Bu nedenle, yalnızca metinde geçen kelimelerin sıklığı değil, aynı zamanda bağlamsal anlamları da analiz sürecine dahil edilir (Krippendorff, 2018). Bu araştırmada ise içerik analizi, Türkiye'de lisansüstü düzeyde yazılmış tezlerde "maduniyet" kavramının nasıl işlendiğini, hangi bağlamlarda ele alındığını ve hangi kuramsal çerçevelerle ilişkilendirildiğini anlamak için temel yöntem olarak tercih edilmiştir.

Araştırmanın Örneklemi

Araştırmanın örneklem grubunu Türkiye Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi'nde "Madun" ve "Maduniyet" anahtar kelimeleri ile aranarak ulaşılan 25 lisansüstü tez oluşturmaktadır.

Verilerin Analizi

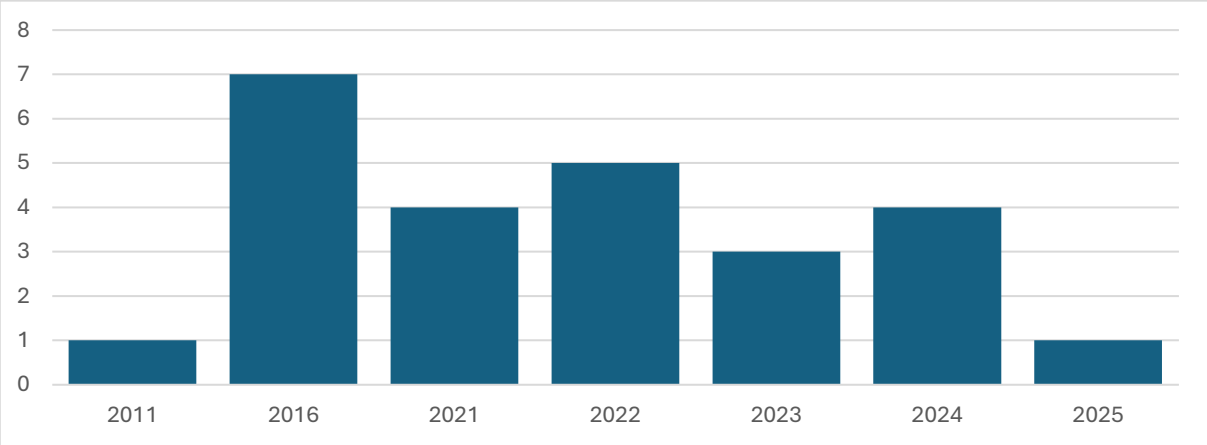
Bu araştırmada verilerin analiz süreci, nitel içerik analizinin sistematik ilkelerine dayalı olarak yürütülmüştür. İncelemeye alınan toplam 25 lisansüstü tez, önceden belirlenen bazı yapısal ve tematik değişkenler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu değişkenler arasında tezlerin yayın yılı, üniversite türü (devlet/vakıf), program türü (yüksek lisans/doktora), yazım dili, kullanılan araştırma yöntemi, anahtar kelimeler, çalışmalarda ele alınan madun gruplar, coğrafi odak noktaları ve kaynakların yerli-yabancı dağılımı gibi kategoriler yer almaktadır. Verilerin analizinde, öncelikle her bir tez için ayrı bir inceleme formu oluşturulmuş ve bu formlar aracılığıyla kodlama yapılmıştır. Kodlama işlemi, nitel veri analizinde güvenilirlik sorununu minimize etmek amacıyla iki bağımsız uzman tarafından gerçekleştirilmiştir. Her iki uzman, ilgili tezleri bağımsız olarak incelemiş ve önceden belirlenen analiz kategorilerine göre kodlamalarını yapmıştır. Kodlamalar tamamlandıktan sonra uzmanlar arası uyum derecesi, Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği güvenilirlik formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Bu formüle göre [Güvenirlik = Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)] oranı üzerinden yapılan hesaplamada, uzmanlar arasında %98 oranında görüş birliği elde edilmiştir.

Bu oran, nitel araştırmalarda kabul gören minimum güvenilirlik eşiği olan %70'in oldukça üzerindedir ve elde edilen kodlamaların tutarlılığına işaret etmektedir.
Elde edilen veriler, kategorilere ayrıldıktan sonra temalar oluşturulmuş ve bu temalar üzerinden tezler arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Analiz süreci hem betimleyici hem de yorumlayıcı biçimde yapılandırılmıştır. Betimleyici analiz, her bir değişkenin genel dağılımını ortaya koyarken; yorumlayıcı analiz, kavramsal örüntüler ve eğilimler hakkında daha derinlemesine çıkarımlarda bulunmaya olanak tanımıştır. Bu yaklaşım, çalışmanın güvenilirliğini artırmanın yanı sıra, verilerden anlamlı ve bağlamsal sonuçlar elde edilmesini de sağlamıştır.

BULGULAR

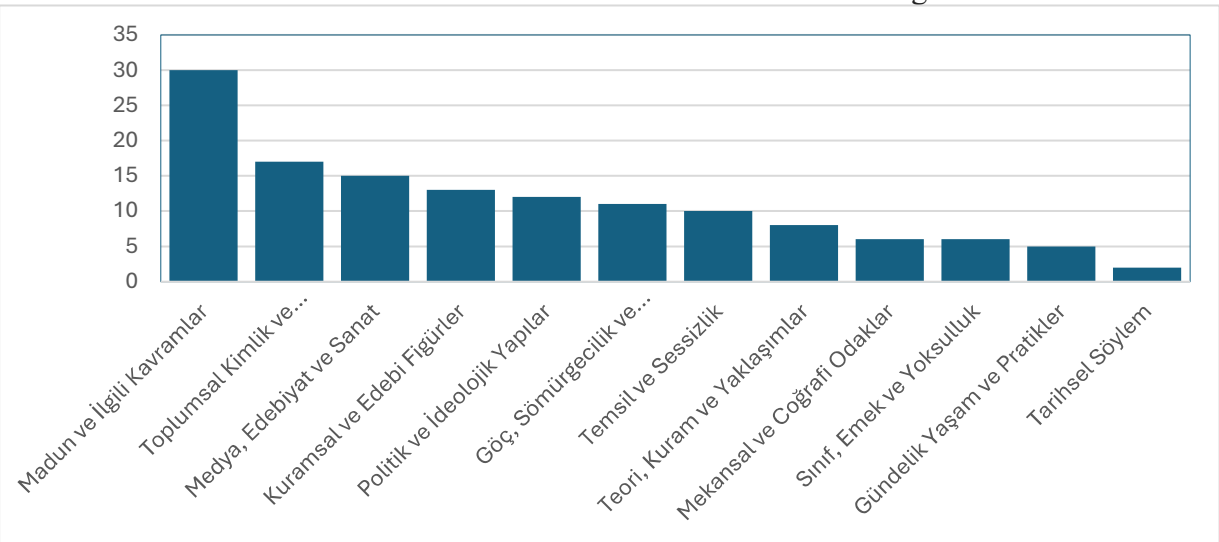
Bu bölümde araştırma kapsamında değerlendirilen tezlerin yıllara, anahtar kelimelere, program türüne, yayın diline yöntemine, yayımlandığı üniversitelerin bölgelerine, madun türlerine ve konu alanlarına göre dağılımları verilmiştir.

Grafik 1. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı



Grafik 1, 2011–2025 yılları arasında Türkiye'de madun temalı olarak yazılmış lisansüstü tezlerin yıllara göre nicel dağılımını ortaya koymaktadır. Toplamda 25 tezin yer aldığı veriye göre, 2016 yılı bu konuda en yoğun akademik üretimin gerçekleştiği dönem olarak öne çıkmaktadır (n=7). Bu durum, o yıl veya öncesinde maduniyet, alt sınıflar, kimlik politikaları ve toplumsal eşitsizlik gibi kavramlara yönelik artan ilgiyle ilişkili olabilir. 2021, 2022 ve 2024 yıllarında da görece yüksek sayıda tez üretimi gerçekleşmiş; özellikle 2022 yılında hazırlanan beş tez ile bu alana yönelik akademik ilginin sürdüğü anlaşılmaktadır. 2023 ve 2025 yıllarında ise tez sayısında kısmi bir azalma gözlenmektedir. Ancak 2025 yılı henüz tamamlanmadığı için bu verinin yılsonu itibarıyla değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak yıllara göre dağılım, maduniyet konusunun Türkiye akademisinde belli dönemlerde öne çıktığını, zaman zaman ise görece geri planda kaldığını göstermektedir. Bu dalgalanmalar, güncel toplumsal ve siyasal gelişmelerin akademik yönelimler üzerindeki etkisiyle birlikte okunabilir. Bu yönüyle grafik, yalnızca nicel bir veriyi değil, aynı zamanda dönemin entelektüel iklimini de yansıtan bir gösterge işlevi görmektedir.

Grafik 2. Lisansüstü tezlerin anahtar kelimelerinin dağılımı

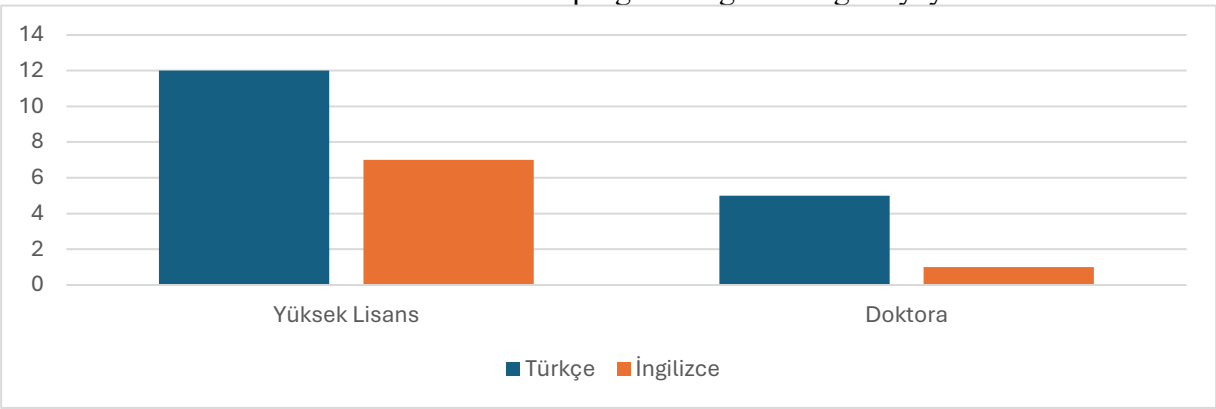


Grafik 2'de incelenen lisansüstü tezlerin anahtar kelimeleri tematik olarak sınıflandırıldığında, çalışmalarda en sık karşılaşılan kavramların "madun" ve "maduniyet" olduğu dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda, "madun ile ilgili kavramlar" kategorisi 30 anahtar kelime ile en geniş grubu oluşturmaktadır. Bu grupta madun ve maduniyet kavramlarının yanı sıra "maduniyet çalışmaları", "madun çalışmaları", "entelektüel madun", "Türkiye'de maduniyet", "madun temsiliyeti", "kent yoksulluğu ve maduniyet" ve "yoksul madun" gibi türev ifadeler yer almaktadır. Bu durum, maduniyetin hem teorik hem de yerel bağlamlarda nasıl ele alındığını göstermesi açısından dikkat çekicidir. İkinci en yoğun kategori olan "toplumsal kimlik ve eşitsizlikler" başlığı altında 17 anahtar kelime yer almakta, bu da maduniyetin toplumsal kimlikler ve ayrımcılık biçimleriyle yakın ilişki içinde değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda "toplumsal dışlanma", "epistemik şiddet", "susturma", "cinsiyet ayrımcılığı", "etnisite", "toplumsal cinsiyet", "feminizm", "kimlik krizi", "şii" "hizbullah", "çok seslilik", "farklılık", "melezleşme", "ötekilik", "marjinalleşme", "Filistin kimliği" ve "epistemolojik şiddet" kavramlarına başvurulmuştur.
Anahtar kelimelerin dağılımı, medya, sanat ve edebiyat bağlamlarının da 15 anahtar kelime ile önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. "Medya, edebiyat ve sanat" kategorisinde "sinema", "Filistin sineması", "komedi", "tipleme", "postkolonyal edebiyat", "Birmanya Günleri", "Bin Muhteşem güneş", "yıkıcı reklam", "Kabuğunu Kıran İnci", "Krotonop", "Diyalogculuk", "Haber", "Things Fall Apart", "The Raj Quartet", "The Ministry of Utmost Happiness" gibi örneklerin kullanılması, madun anlatılarının yalnızca akademik metinlerle sınırlı kalmadığını, kültürel üretimler aracılığıyla da ifade bulduğunu ortaya koymaktadır. Tezlerde öne çıkan bir diğer alan "kuramsal ve edebi figürler"dir. Bu kategori, çalışmalarda referans verilen teorisyenleri ve edebi yazarları içermektedir. Aralarında Spivak, Gramsci, Sabahattin Ali, Sait Faik Abasıyanık, Khaled Hosseini, Nadia Hashimi, Monice Ali, Mahsa Jina Amini, Mikhail Bakhtin, Ahlam Mosteghanemi ve Homo Sacer'in yer aldığı figürler, tezlerin hem teorik hem edebi zeminde çeşitlilik arz ettiğini göstermektedir. Siyasi bağlamda ise "politik ve ideolojik yapılar" kategorisi öne çıkmaktadır. Bu grupta "katılımcı siyaset", "siyasal özneleşme", "siyaset", "otorite", "hegemonya", "biyopolitika", "nekropolitika", "Avrupa merkezcilik", "merkez-çevre ayrımı", "temsil", "tabiiyet" ve "hükümran özne" gibi kavramlar yer almakta, maduniyetin iktidar ve temsil ilişkileri üzerinden ele alındığını göstermektedir.

Postkolonyal bağlamda ise "göç, sömürgecilik ve küreselleşme" başlığı altında "göç", "sömürgecilik", "kolonyalizm", "Avrupa Birliği", "uluslararası ilişkiler", "göçmenler", küreselleşme" ve "koloni sonrası" kavramları yer almakta ve tezlerin önemli bir bölümünün yerinden edilme, sınır ötesi kimlikler ve küresel güç ilişkileri çerçevesinde şekillendiği görülmektedir.

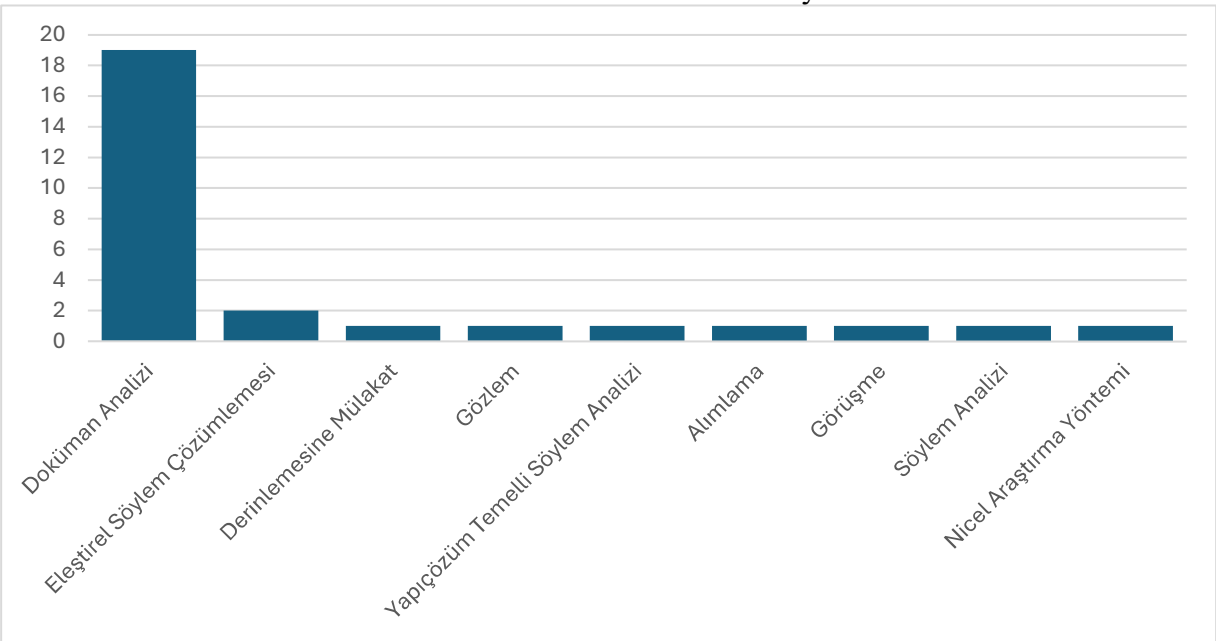
Tezlerde dikkat çeken bir diğer başlık ise "temsil ve sessizlik"tir. Bu alanda "adsız", "sesi olmamak", "dilsizlik", "temsilsizlik", "yabancılaşma", "medyada temsil", "temsil sorunu", "ölüm orucu" ve "direniş anlatıları" kavramları aracılığıyla madunların kamusal görünürlüğü ve sessizleştirilme biçimleri analiz edilmektedir. Teorik altyapıya dair doğrudan yaklaşımlar ise "teori, kuram ve yaklaşımlar" kategorisinde toplanmıştır. "Postkolonyal teori", "postkolonyalizm", "yapıçözüm", "kesişimsellik" ve "taklit" gibi kavramlar, tezlerin kuramsal temellerini oluşturan başlıca çerçeveleri yansıtmaktadır. "Mekânsal ve coğrafi odaklar" kategorisinde ise "Türkiye", "Filistin", "Osmanlı İmparatorluğu", "Beyrut", "Lübnan" ve "Doğu" gibi anahtar kelimeler, madun çalışmalarının odağında olan yerlere ilişkin fikir vermektedir. "Sınıf, emek ve yoksulluk" başlığı altında ise "kent yoksulluğu", "emek", "işçiler", "memurlar", "köylüler", "aşiret" kavramları yer almakta, sınıfsal eşitsizliklerin maduniyet bağlamında nasıl ele alındığına dair örnekler sunulmaktadır. Ayrıca "gündelik yaşam ve pratikler" kategorisinde "gündelik", "sağlık iletişimi", "satın alma niyeti", "alımlama", "taktik" kavramları üzerinden bireylerin gündelik yaşamda karşılaştıkları yapısal eşitsizlikler görünür kılınmaktadır. Son olarak, "tarihsel söylem" kategorisi; "tarihyazımı" ve "aşağıdan tarih" kavramlarıyla temsil edilmekte olup, bu kavramlar aracılığıyla madun anlatılarında tarih yazımına yönelik eleştirel yaklaşımların nasıl kurgulandığı ortaya konmaktadır. Genel olarak bu dağılım, maduniyet konusunun çok katmanlı bir yapı içinde, hem toplumsal hem kültürel hem de teorik düzeyde çeşitli açılardan ele alındığını ortaya koymaktadır.

Grafik 3. Lisansüstü tezlerin program dağılımına göre yayın dili



Grafik 3'te, lisansüstü tezlerin program düzeyine göre yayın dili dağılımı görülmektedir. Toplamda 25 tez incelenmiş olup, bunların 19'u yüksek lisans, 6'sı doktora düzeyindedir. Yüksek lisans tezlerinin 12'si Türkçe, 7'si İngilizce olarak yazılmıştır. Doktora tezlerinde ise 5 tez Türkçe, yalnızca 1 tez İngilizce olarak hazırlanmıştır. Bu dağılım, genel olarak Türkçe'nin baskın olduğunu (%68), ancak yüksek lisans düzeyinde İngilizce kullanımının doktora tezlerine kıyasla daha yaygınlaştığını göstermektedir. Dolayısıyla, doktora düzeyinde Türkçe hâkimiyetini korurken, yüksek lisans düzeyinde küresel düzeyde görünürlük kazanmaya yönelik bir eğilimin öne çıktığı söylenebilir.

Grafik 4. Lisansüstü tezlerde kullanılan yöntemler

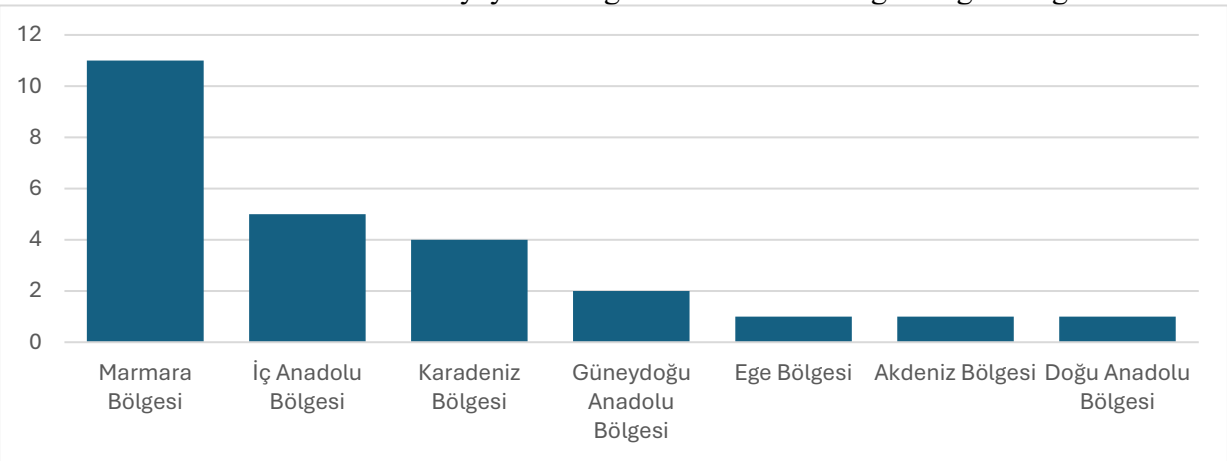


Grafik 4, lisansüstü tezlerde kullanılan araştırma yöntemlerinin dağılımını göstermektedir. Grafik incelendiğinde doküman analizinin (19 tez) açık ara en çok tercih edilen yöntem olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle maduniyet ve postkolonyal çalışmalar gibi kuramsal çerçeveye dayalı tezlerde yazılı kaynakların sistematik incelenmesinin baskın bir yöntem olarak öne çıktığını göstermektedir.

Bunun dışında, eleştirel söylem çözümlemesi 2 tezde, derinlemesine mülakat, gözlem, yapıçözüm temelli söylem analizi, alımlama, görüşme, söylem analizi ve nicel araştırma yöntemi gibi yöntemler ise yalnızca birer tezde kullanılmıştır. Bu çeşitlilik, araştırmacıların konunun doğasına göre farklı yöntemleri tercih ettiklerini, ancak genel eğilimin nitel içerik incelemesine dayalı yöntemlerde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

Grafik 4'te görüldüğü üzere lisansüstü tezlerde yöntem tercihinde doküman analizinin belirgin bir üstünlüğü bulunurken, diğer yöntemlerin daha sınırlı biçimde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu dağılım, araştırmaların daha çok kuramsal tartışmalar ve yazılı metinlerin incelenmesine dayalı olduğunu, saha araştırmalarının ise görece az tercih edildiğini göstermektedir.

Grafik 5. Lisansüstü tezlerin yayımlandığı üniversitelerin bölgelere göre dağılımı

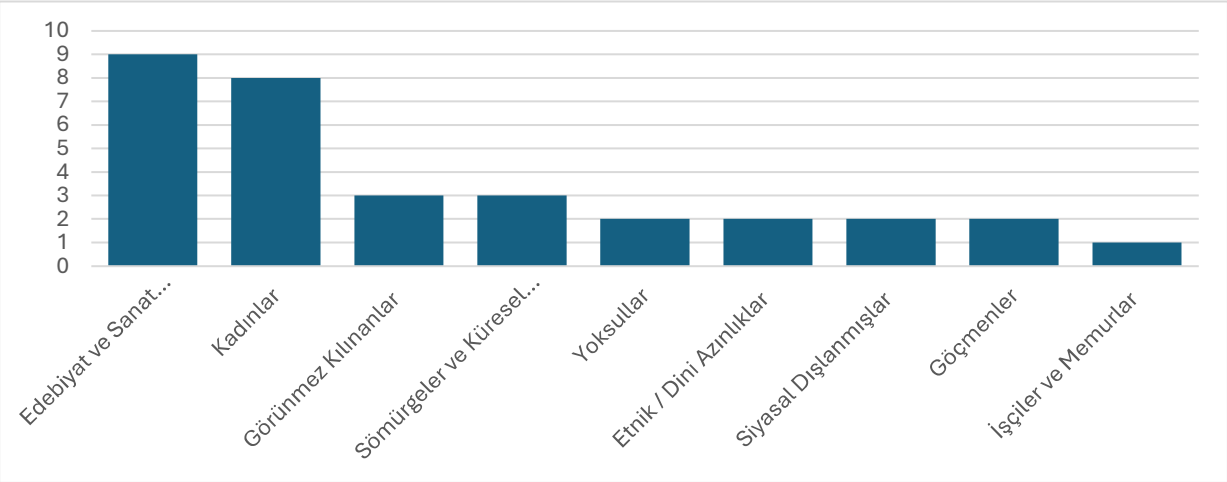


Grafik 5'te lisansüstü tezlerin yayımlandığı üniversitelerin bölgelere göre dağılımı gösterilmektedir. Veriler incelendiğinde, tezlerin en yoğun şekilde Marmara Bölgesi üniversitelerinde üretildiği görülmektedir. Bu bölge toplam 11 tez ile diğer bölgelerden belirgin biçimde ayrılmaktadır. Marmara'daki üniversiteler arasında Marmara Üniversitesi (3 tez) ve Sakarya Üniversitesi (2 tez) öne çıkarken; ayrıca Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Bursa Uludağ Üniversitesi ve Sabancı Üniversitesi de birer tez ile katkı sağlamıştır.

İç Anadolu Bölgesi, toplam 5 tez ile ikinci sırada yer almaktadır. Bu bölgede tezlerin yazıldığı üniversiteler şunlardır: Ankara Üniversitesi (2 tez), Selçuk Üniversitesi (1 tez), Atılım Üniversitesi (1 tez) ve Erciyes Üniversitesi (1 tez). Karadeniz Bölgesi toplam 4 tez ile üçüncü sırada bulunmaktadır. Bu bölgede öne çıkan üniversiteler Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi (2 tez) ve Karabük Üniversitesi (2 tez) olmuştur. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ise 2 tez ile temsil edilmektedir ve bu tezlerin tamamı Gaziantep Üniversitesi bünyesinde hazırlanmıştır. Ege Bölgesinde yalnızca 1 tez bulunmaktadır ve bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi tarafından yayımlanmıştır. Benzer şekilde, Akdeniz Bölgesi de 1 tez ile temsil edilmekte olup, bu tez Akdeniz Üniversitesinde yapılmıştır. Son olarak, Doğu Anadolu Bölgesi toplam 1 tez ile en düşük sayıda tez üretiminin gerçekleştiği bölgeler arasında yer almıştır. Bu tez Atatürk Üniversitesi bünyesinde hazırlanmıştır.

Grafik 5'in ortaya koyduğu bulgular, lisansüstü tezlerin bölgesel dağılımında belirgin bir yoğunlaşmaya işaret etmektedir. Marmara Bölgesi, üretilen tezlerin sayıca en fazla olduğu bölge olarak açık bir üstünlük göstermekte ve bu alanda akademik üretimin merkezinde yer almaktadır. Bunu daha sınırlı ölçekte olmakla birlikte İç Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri izlemektedir. Buna karşılık, Ege, Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri yalnızca birkaç tez ile temsil edilmekte, bu da söz konusu bölgelerde maduniyet temalı çalışmalara yönelik ilginin görece düşük olduğunu göstermektedir. Öte yandan, Trakya Bölgesi ile bazı diğer alt bölgelerde ise hiç tez kaydedilmemiştir. Genel olarak bakıldığında, maduniyet çalışmalarının coğrafi dağılımında belirgin bir dengesizlik bulunmakta, tezlerin büyük ölçüde belli akademik merkezlerde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır.

Grafik 6. Lisansüstü tezlerde ele alınan madunlar



Grafik 6'da, lisansüstü tezlerde ele alınan madun grupların kategorik dağılımı gösterilmektedir. Veriler incelendiğinde, en yoğun çalışılan alanın "Edebiyat ve Sanat Temsilleri" (9) olduğu görülmektedir. Bu kategori altında; Sabahattin Ali'nin eserlerindeki madun sesler, Filistin sineması, Sait Faik Abasıyanık'ın öykülerinde madunluk, Latife Tekin'in romanları, Bırmanya Günleri romanında geçen madunlar, Robinson Crusoe eseri, Kabuğunu Kıran İnci, Khaled Hosseini'nin Bin Muhteşem Güneş romanındaki dönüşüm, 2000 sonrası Türk sinemasında aşiret temsilleri ve Arundhati Roy ile Chinua Achebe'nin eserlerindeki madunluk örnekleri yer almaktadır.

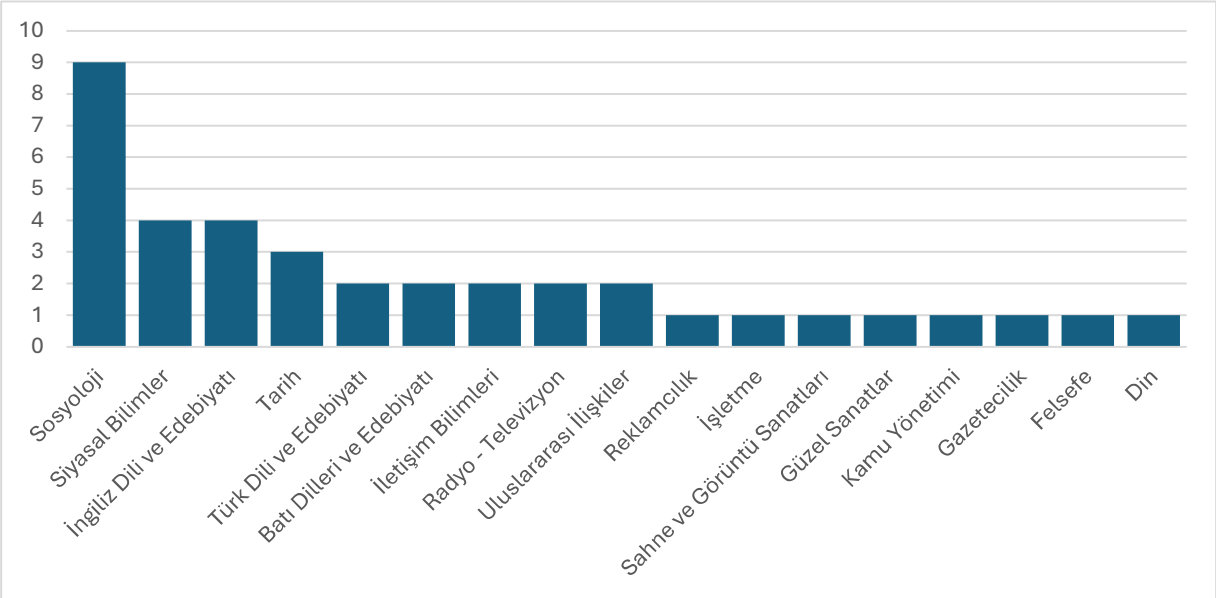
Bu durum, edebiyat ve sinemanın maduniyet çalışmalarında temel bir araştırma nesnesi olarak öne çıktığını göstermektedir. İkinci sırada "Kadınlar" kategorisi (8) bulunmaktadır. Bu başlık altında özellikle kadın kimliğinin farklı kırılganlıklarla kesişimsel biçimde ele alındığı görülmektedir. Suriyeli mülteci kadınlar, Kürt kadınlar, Müslüman kadınlar ve genel olarak "kadınlar" alt başlığı altında toplanan çalışmalar, toplumsal cinsiyet perspektifinden maduniyetin görünür kılındığını ortaya koymaktadır.

Üçüncü sırada "Görünmez Kılınanlar" (3) kategorisi yer almakta olup, bu başlık altında "tüm madun gruplar" ve "medyada görünmez kılınan gruplar" incelenmiştir. Burada, özellikle temsiliyet sorununa odaklanıldığı ve bazı toplumsal grupların söylemsel ya da medyatik düzeyde tamamen dışlandığı vurgulanmaktadır. Dördüncü sırayı "Sömürgeler ve Küresel Ötekiler" (3) oluşturmaktadır. Bu kategori, sömürge halklarını, postkolonyal özneleri ve küresel ölçekte ötekileştirilen grupları (özellikle Filistinliler) kapsamaktadır.

Çalışmaların bu bağlamda, postkolonyal teoriyle yakından ilişkili bir kavramsal çerçeveye dayandığı anlaşılmaktadır. Bunların dışında daha sınırlı sayıda tezlerde incelenen kategoriler de bulunmaktadır: "Yoksullar" (2) başlığı altında "yoksullar" ve "kent yoksulları"; "Etnik/Dini Azınlıklar" (2) başlığı altında "etnik/dini azınlıklar" ve Lübnan'daki Şiiler; "Siyasal Dışlanmışlar" (2) başlığı altında siyasal süreçlere katılamayanlar ve mahkumlar ve yakınları; "Göçmenler" (2) ve son olarak "İşçiler ve Memurlar" (1) kategorilerinde madun gruplar ele alınmıştır. Genel olarak grafik, maduniyet çalışmalarında edebiyat ve sanat temsillerinin (9) ve kadınların (8) belirgin bir şekilde öne çıktığını, diğer kategorilerin ise daha sınırlı düzeyde incelendiğini ortaya koymaktadır.

Bu durum, araştırmaların büyük ölçüde kültürel üretimler ve toplumsal cinsiyet bağlamında yoğunlaştığını, buna karşılık ekonomik, siyasal ya da emek odaklı alanlarda çalışmaların daha sınırlı sayıda yürütüldüğünü ve bu alanların araştırma gündeminde ikincil bir konumda kaldığını göstermektedir.

Grafik 7. Lisansüstü tezlerde ele alınan konu alanları



Grafik 7'de yer alan veriler, lisansüstü tezlerin konu alanlarına göre dağılımını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre sosyoloji alanı, toplam 9 tez ile en yoğun ilgi gören disiplin olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, maduniyet çalışmalarının özellikle toplumsal yapı, eşitsizlikler ve ötekileştirme süreçlerini ele alan sosyolojik perspektiflerden üretildiğini ortaya koymaktadır. Sosyolojiyi, 4'er tezle temsil edilen siyasal bilimler ile İngiliz dili ve edebiyatı alanları takip etmektedir. Bu iki alanın, gerek siyasal temsil ve katılım sorunları gerekse edebî metinler aracılığıyla maduniyet deneyimlerinin ifadesi bakımından güçlü bir araştırma zemini sunduğu anlaşılmaktadır.

Diğer taraftan, tarih alanında 3 tez, Türk dili ve edebiyatı, Batı dilleri ve edebiyatı, iletişim bilimleri, radyo-televizyon ve uluslararası ilişkiler alanlarında ikişer tez bulunmaktadır. Bu dağılım, maduniyet konusunun tarihsel bağlamda incelenmesi kadar kültürel üretim alanlarında (dil, edebiyat ve medya) da belirgin bir şekilde çalışıldığını göstermektedir. Buna karşılık, reklamcılık, işletme, sahne ve görüntü sanatları, güzel sanatlar, kamu yönetimi, gazetecilik, felsefe, ekonomi ve din gibi alanlarda yalnızca birer tez bulunmaktadır. Bu durum, söz konusu disiplinlerde maduniyetin daha sınırlı bir ilgiyle ele alındığını göstermektedir.

Grafik 7, maduniyet kavramının en yoğun biçimde sosyal bilimler, siyaset ve edebiyat disiplinlerinde çalışıldığını; buna karşılık daha uygulamalı veya teknik nitelikli alanlarda daha sınırlı bir akademik üretimle temsil edildiğini ortaya koymaktadır. Bu dağılım, maduniyet çalışmalarının eleştirel, kuramsal ve toplumsal boyutları öne çıkaran alanlarda yoğunlaştığını göstermesi bakımından dikkat çekicidir

TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, 2011–2025 yılları arasında Türkiye'de maduniyet temalı toplamda 25 tezin kaleme alındığı belirlenmiştir. 2016 yılı yedi tez ile en yoğun üretim dönemi olurken, 2021 ve 2022 yıllarında da görece yüksek bir ilgi gözlenmiştir. Buna karşılık bazı yıllarda az sayıda çalışma yapılmış, 2023 ve 2025'te düşüş yaşanmıştır. Ancak 2025 yılının henüz tamamlanmamış olması dikkate alınmalıdır. Bu dalgalı seyir, toplumsal ve siyasal gelişmelerle birlikte, akademide maduniyet kavramına yönelik ilginin dönemsel olarak artıp azaldığını göstermektedir.

Türkiye'de ilk maduniyet odaklı lisansüstü tezin 2011'de görünürleştiği bulgumuzun aksine, uluslararası literatürde kavramın tez düzeyindeki kullanımı daha eski tarihlere dayanmaktadır. Örneğin, Reddy (1995)'nin University of Washington'da tamamladığı doktora tezi "Hegemony and resistance: the construction of subaltern subjects as other in South Africa." başlığı ile yayımlanmış, hegemonya ve direnişleri ele alarak Güney Afrika'da alt madunların öteki olarak inşasını gözler önüne sermeyi amaçlamıştır.

Lisansüstü tezlerin anahtar kelimeleri tematik olarak sınıflandırılarak 12 kategoriye ayrılmıştır. Bunlar; madun ile ilgili kavramlar, toplumsal kimlik ve eşitsizlikler, medya, edebiyat ve sanat, kuramsal ve edebi figürler, politik ve ideolojik yapılar, göç, sömürgecilik ve küreselleşme, temsil ve sessizlik, teori kuram ve yaklaşımlar, mekânsal ve coğrafi odaklar, sınıf, emek ve yoksulluk, gündelik yaşam ve pratikler ve tarihsel söylemdir. "Madun ile ilgili kavramlar kategorisi 30 anahtar kelime, "toplumsal kimlik ve eşitsizlikler" kategorisi 17 anahtar kelime ve "Medya, edebiyat ve sanat" kategorisi 15 anahtar kelime ile tezlerde en sık rastlanan anahtar kelimeleri barındırmaktadır. Uluslararası literatür incelendiğinde, benzer bir çeşitliliğin küresel ölçekte de mevcut olduğu görülmektedir. Örneğin Choudhury'nin (1999) tezi, Hintli kadın yazarların edebi üretimlerinde dil, toplumsal cinsiyet ve maduniyetin kesişimlerini inceleyerek edebiyat merkezli bir katkı sunmuştur. Pham'ın (2018) çalışması, maduniyetin baskı ilişkilerinin ötesinde siyasal tahayyülleri dönüştürücü bir potansiyel taşıdığını ortaya koyarken; Acciari (2018) Brezilyalı ev işçilerinin sendikal mobilizasyonlarını analiz ederek, maduniyetin emek, toplumsal cinsiyet ve sömürgecilik-sonrası mücadelelerle kesişen boyutlarını göstermiştir. Dolayısıyla, Türkiye'deki lisansüstü tezlerde ortaya çıkan yoğunluk alanları, küresel literatürdeki farklı bağlamlarla ilişkilendirilebilmekte ve maduniyetin çok boyutlu doğasına işaret etmektedir.

İncelenen 25 tezin 19'u yüksek lisans, 6'sı doktora düzeyindedir; dil dağılımı yüksek lisansta 12 Türkçe ve 7 İngilizce, doktorada 5 Türkçe ve 1 İngilizce olmak üzere toplamda Türkçe yazımın %68'lik bir ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir. İngilizcenin yüksek lisans düzeyinde doktora tezlerine kıyasla daha görünür olması, lisansüstü üretimde dereceye bağlı dil tercihi farklılaşmasına işaret eder: doktora çalışmalarında ulusal dilde yazım yerleşik yazım pratiği olarak sürerken, yüksek lisans düzeyinde uluslararası dolaşım ve görünürlük hedefiyle İngilizceye yönelen bir eğilim belirginleşmektedir. Bu seyir içinde, veri setindeki ilk örnek Çağlayan'ın 2011 tarihli ve İngilizce kaleme alınmış yüksek lisans tezi (Exploring the intersections: Subordination and resistance among Kurdish women in Aydınlı, Tuzla), madun/maduniyet kavramının Türkiye'de lisansüstü tez literatüründe tez düzeyinde ilk kez görünürleştiği eşiği işaret eder. Bunu izleyen yıllarda kavramın hem Türkçe hem İngilizce tezlerde farklı tematik eksenlere farklı akademik düzeylere yayılması, alanın dil ve konu çeşitlenmesini hızlandırmıştır.

Araştırmadan elde edilen bulgular, lisansüstü tezlerde yöntem tercihinin belirgin biçimde doküman analizine yöneldiğini göstermektedir: 25 tezin 19'unda bu yöntemin kullanılması, maduniyet ve postkolonyal kuram eksenli çalışmaların yazılı, arşivsel ve metinsel malzemeye dayalı çözümlemeyle yürütülme eğilimini ortaya koymaktadır. Bu yoğunlaşma, bir yandan kuramsal tartışmaların metin merkezli doğasını, diğer yandan saha erişimi ve riskli gruplarla çalışmanın güçlükleri gibi pratik sınırlılıkları yansıtıyor olabilir. Buna karşılık yöntem yelpazesinin uçlarında eleştirel söylem çözümlemesi yalnızca 2 tezde; derinlemesine mülakat, gözlem, yapıçözüm temelli söylem analizi, alımlama çalışması, görüşme, söylem analizi ve nicel yöntem ise birer tezde tercih edilmiştir. Bu tablo, yöntembilimsel çeşitliliğin mevcut olmakla birlikte nitel metin/ içerik incelemesine dayalı yaklaşımların ağırlık kazandığını, saha temelli veri üretimi ve karma yöntem tasarımlarının ise sınırlı kaldığını düşündürmektedir.

Tezlerde yöntem tercihi ağırlıkla doküman analizine yönelse de, nicel bir çerçeve ile "madun" kavramını doğrudan araştırma tasarımına yerleştiren bir doktora tezi de bulunmaktadır. Çevirici (2024) tarafından Marmara Üniversitesi'nde tamamlanan çalışma, yıkıcı reklamlarda madun temsiliyeti"nin satın alma niyeti üzerindeki etkisini sınamak üzere tasarlanmış ve doktora düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma, çevrim içi anket ve regresyon analizleri ile yürütülmüş; "madun temsiliyetine yönelik tutum"un satın alma niyeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunduğunu göstermiştir. Bu örnek, maduniyet literatüründe sık karşılaştığımız metin-merkezli nitel çözümlemelerin yanı sıra, ölçülebilir göstergelerle hipotez testine dayalı nicel yaklaşımların da alanda uygulanabilir ve üretken olduğunu göstermesi bakımından önemlidir; ayrıca veri setimizde nicel yönteme dayalı az sayıdaki çalışmadan biri olarak yöntemsel çeşitliliğin genişlediğine işaret etmektedir.

Araştırmadan elde edilen bulgular, lisansüstü tezlerin bölgelere göre dağılımında belirgin bir yığılmaya işaret etmektedir: 25 tezin 11'i Marmara Bölgesi'nde (yaklaşık %44), 5'i İç Anadolu'da, 4'ü Karadeniz'de, 2'si Güneydoğu Anadolu'da; Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinin her birinde ise birer tez bulunmaktadır. Bu örüntü, program çeşitliliği, danışmanlık kapasitesi ve araştırma kaynaklarına erişim gibi etkenlerle ilişkili olabilir; ancak mevcut veri bu olası açıklamaları doğrudan sınamaya elverişli değildir. Bununla birlikte, alan yazındaki bibliyometrik incelemeler de Türkiye'de lisansüstü tez üretiminin özellikle Marmara Bölgesi'nde yoğunlaşma eğilimi gösterdiğini rapor etmektedir (Çalışkan & Kartal, 2021; Kuloğlu, 2022; Gümrah, 2020).

Araştırma bulguları, lisansüstü tezlerde ele alınan madun gruplarının belirgin odaklar etrafında kümelendiğini göstermektedir: Edebiyat ve Sanat Temsilleri (n=9) ile Kadınlar (n=8) en yoğun iki kategori olarak öne çıkmaktadır. Bunları Görünmez Kılınanlar (n=3) ve Sömürgeler ve Küresel Ötekiler (n=3) izlemektedir. Yoksullar (n=2), Etnik/Dini Azınlıklar (n=2), Siyasal Dışlanmışlar (n=2) ve Göçmenler (n=2) görece sınırlı bir temsile sahiptir; İşçiler ve Memurlar (n=1) ise tekil bir örnekle yer almaktadır. Bu dağılım, mevcut dönemde araştırma ilgisinin ağırlıklı olarak kültürel temsiller ve toplumsal cinsiyet eksenlerinde yoğunlaştığını, ekonomik, siyasal ve emek odaklı başlıkların ise nispeten düşük sıklıkta ele alındığını düşündürmektedir. Kesişimsellik kuramı (Crenshaw, 1991) uyarınca maduniyet, tekil bir eksenin (yalnızca cinsiyet ya da yalnızca sınıf gibi) ürünü olmaktan çok; cinsiyet, sınıf, etnisite, göçmenlik statüsü, din, engellilik ve benzeri çoklu eşitsizlik hatlarının birlikte ve etkileşimli biçimde ürettiği bir konumlanıştır. Bu çerçeveden bakıldığında mevcut dağılım, yükseköğretimde kaleme alınan tezlerin "madun türlerini" değerlendirme bakımından belirli temalara yoğunlaşma eğilimi taşıdığını ve kesişen boyutların daha sistematik biçimde bir arada ele alınmasına ihtiyaç olduğunu düşündürmektedir.

Bulgular, lisansüstü tezlerin konu alanı dağılımında belirgin bir odaklanmaya işaret etmektedir: sosyoloji (n=9) açık ara en yoğun disiplindir; bunu siyasal bilimler (n=4) ve İngiliz dili ve edebiyatı (n=4) izlemektedir. Tarih (n=3) orta ölçekli bir kümeyi oluştururken; Türk dili ve edebiyatı, Batı dilleri ve edebiyatı, iletişim bilimleri, radyo–televizyon ve uluslararası ilişkiler alanlarının her biri ikişer tez (n=2) ile temsil edilmektedir. Diğer alanlar—reklamcılık, işletme, sahne ve görüntü sanatları, güzel sanatlar, kamu yönetimi, gazetecilik, felsefe, ekonomi, din—birer tez (n=1) ile yer almaktadır. Bu dağılım, maduniyet çalışmalarının ağırlıkla eleştirel/kuramsal ve toplumsal boyutları öne çıkaran sosyal bilim ve edebiyat disiplinlerinde üretildiğini; daha uygulamalı veya teknik alanlardaki temsilin ise görece sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu tablo, alanın farklı kuramsal ve yöntemsel yaklaşımlarla disiplinlerarası bir perspektiften genişletilmesine yönelik gelecekteki araştırmalar için açık bir fırsat alanına işaret etmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye'de maduniyet odaklı lisansüstü üretimi bütüncül bir çerçevede haritalandırarak alanın mevcut konumunu, yönelimlerini ve yapısal ihtiyaçlarını görünür kılmaktadır. İçerik analizi temelli bu yaklaşım, bir yandan araştırma ekosisteminin hangi temalarda kristalize olduğunu, diğer yandan da yöntemsel ve kurumsal çeşitliliğin nerelerde güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. 2011–2025 döneminde tespit edilen 25 tez, üretimin 2016 yılında belirgin bir yoğunlaşmaya ulaştığını; izleyen yıllarda dalgalı bir seyir izlediğini göstermektedir.

Anahtar kelimelerin tematik sınıflandırması, madunla ilgili kavramların, toplumsal kimlik ve eşitsizliklerin ve medya–edebiyat–sanat başlıklarının en yüksek yoğunluğu sergilediğini ortaya koyarken, diğer temaların da alanın genişleyen sınırlarına işaret ettiğini göstermektedir. Tezlerin 19'unun yüksek lisans, 6'sının doktora düzeyinde olması ve toplamda Türkçenin %68 oranında baskın dil konumunu koruması, dereceye bağlı dil tercihi farklılaşmasına işaret etmektedir. Yüksek lisansta İngilizce görünürlüğü artarken, doktora düzeyinde ulusal dilde yazım yerleşik bir pratik olarak sürmektedir.

Yöntem düzeyinde, 19 tezde doküman analizinin tercih edilmesi metin-merkezli bir eğilimi teyit ederken; sınırlı sayıdaki eleştirel söylem çözümlemeleri, görüşme ve nicel tasarımlar alanın yöntembilimsel çeşitliliğinin henüz gelişmekte olduğuna işaret etmektedir. Mekânsal dağılım açısından değerlendirildiğinde, Marmara Bölgesi lehine bir yığılma gözlemlenmektedir. Madun grupların kategorik dağılımında, edebiyat ve sanat temsilleri ile kadınlar başlıca odakları oluşturmaktadır. Konu alanları itibarıyla dağılım ise, sosyolojinin başat konumunu koruduğunu; iktidar, temsil ve eşitsizlik tartışmalarını merkeze alan siyasal bilimler ile edebî metinlerin çözümlemesi üzerinden kuramsal çerçeveyi genişleten İngiliz dili ve edebiyatının onu izlediğini göstermektedir.

ÖNERİLER

Öneriler bölümü, araştırmadan elde edilen bulgular temelinde alanın kuramsal derinliğini ve ampirik kapsamını geliştirmeye dönük somut adımlar önermektedir.

1. Zaman dağılımındaki dalgalanmaları açıklığa kavuşturmak için uzunlamasına tasarımlar ve sosyo-politik göstergelerle eşleştirilmiş dönemsel analizler yürütülmelidir.
2. Anahtar kelime sınıflandırması ulusal ölçekte standartlaştırılmalı; eksik temsil edilen temalara yönelik hedefli çağrılar ve açık veri/anahtar kelime raporlama uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.
3. Derece ve dil dağılımı dikkate alınarak doktora ölçeğinde kapasite artırılmalı; iki dilli yazım (en azından kapsamlı İngilizce özetler), uluslararası ortak yazarlık ve dizinlenme stratejik olarak teşvik edilmelidir.
4. Yöntem tercihindeki tekilleşmeyi dengelemek amacıyla doküman analizinin yanı sıra saha temelli nicel teknikler ve karma yöntem tasarımları sistematik biçimde devreye sokulmalıdır.
5. Bölgesel dağılımı homojen hale getirmek için Marmara bölgesi dışındaki bölgelerde de madun ve maduniyet kökenli çalışmalar yükseköğretimde teşvik edilmelidir.
6. Madun gruplarındaki odaklanmayı dengelemek için kesişimsellik duyarlı örnekleme stratejileri benimsenmeli ve az temsil edilen gruplar planlı biçimde araştırma gündemine dâhil edilmelidir.
7. Disipliner yoğunluk sosyoloji merkezinin ötesine taşınarak kavramın kapsadığı diğer lisansüstü alanlarda da ele alınmalı, çok boyutlu analizler yapılması sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

Acciari, L. (2018). *Paradoxes of subaltern politics: Brazilian domestic workers' mobilisations to become workers and decolonise labour* (Doctoral dissertation), London School of Economics and Political Science. https://core.ac.uk/download/pdf/163077853.pdf

Chakrabarty, D. (2008). Provincializing Europe: Postcolonial thought and historical difference. Princeton University Press. https://archive.org/details/provincializinge0000chak/mode/2up

Choudhury, R. (1999). Representations of language, gender, and subalternity in Indian women's writing in English. (Doctoral Thesis) University of Alberta. support@elibrary.ru

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Fifth Edition. Sage Publications. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=335ZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT16&dq=Creswell,+J.+W.+(2014).+Research+design

Crenshaw, K. (1991). *Mapping the margins: Intersectionality, identity politics, and violence against women of color*. Stanford Law Review, 43(6), 1241-1299. https://blogs.law.columbia.edu/critique1313/files/2020/02/1229039.pdf

Çağlayan, H. (2011). *Exploring the intersections: subordination and resistance among Kurdish women in Aydınlı, Tuzla* (Doctoral Thesis), Sabancı Üniversitesi. http://192.168.1.20/record=b1379291%20(Table%20of%20Contents)

Çalışkan, D., & Kartal, E. (2021). Türkiye'deki çeviri konulu tezler üzerine bibliyometrik bir inceleme (1985-2020). *IU Journal of Translation Studies*, (15), 35-73. https://doi.org/10.26650/iujts.2021.987390

Çevirici, A. Ü. (2024). *Yıkıcı Reklamlarda Madun Temsiliyetinin Satın Alma Niyeti Üzerindeki Rolü* (Doctora Tezi), Marmara Universitesi. https://www.proquest.com/openview/625076bf3892762462f61a57e5ec094a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y

Fraser, N. (1995). From Redistribution to Recognition? Dilemmas of Justice in a 'Post-Socialist' Age. *New Left Review, I*(212), 68-93. https://newleftreview.org/issues/i212/articles/nancy-fraser-from-redistribution-to-recognition-dilemmas-of-justice-in-a-post-socialist-age

Gramsci, A. (1971). *Selections from the Prison Notebooks*. International Publishers, New York. https://archive.org/details/AntonioGramsciSelectionsFromThePrisonNotebooks/page/n1/mode/2up

Guha, R. (1982). Subaltern Studies I: Writings on South Asian History and Society. Oxford University Press. https://archive.org/details/dli.bengal.10689.12743/page/n21/mode/2up?q=subaltern

Gümrah, A. (2020). Türkiye'de yönetim muhasebesiyle ilgili hazırlanan tezlerin bibliyometrik analiz yöntemiyle incelenmesi. *Journal of Academic Value Studies*, *6*(3), 244-253. https://javstudies.com/files/javstudies_makaleler/d20be42c-775c-40dd-b156-72aae1d97014.pdf

Kuloğlu, M. E. (2022). Türkiye'de eğitim politikaları alanındaki güncel lisansüstü tezlerin bibliyometrik profili. Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (AUJEF), 6(1), 78-91. https://doi.org/10.34056/aujef.952815

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Fourth Edition. Sage publications. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=nE1aDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Krippendorff,+K.+(2018).+Content+analysis:+An+introduction+to+its+methodology.+Fourth+Edition.+Sage+publications.&ots=y_ck_sgRex&sig=vsGnVHxIka0Y4x8SkPW4hKDlq-I&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Mayring, P. (2021). *Qualitative Content Analysis: A Step-by-Step Guide*. Sage Publications. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=luU3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=XbW6JKMqKw&sig=bbdvo-jhhx7uW5QYyT0BqFXb9tc&redir_esc=y#v=

Mbembe, A. (2003). Necropolitics. *Public Culture, 15*(1), 11-40. https://read.dukeupress.edu/public-culture/article-abstract/15/1/11/31714/Necropolitics?redirectedFrom=fulltext

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=U4lU_-wJ5QEC&oi=fnd&pg=PA10&dq=Miles,+M.+B.,+%26+Huberman,+A.+M.+(1994).+Qualitative+data+analysis:+An+

Mohanty, C. (1988). Under Western eyes: Feminist scholarship and colonial discourses. *Feminist review*, *30*(1), 61-88. https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1057/fr.1988.42

Phạm, Q. N. (2018). *Politics beyond dominance: subaltern power and world making* (Doctoral dissertation, PhD thesis), University of Minnesota. https://conservancy.umn.edu/server/api/core/bitstreams/6520765e-95de-4782-b8ae-5dd1db5136e1/content

Reddy, T. (1995). *Hegemony and resistance: the construction of subaltern subjects as other in South Africa*. (Doctoral dissertation, PhD thesis), University of Washington. https://www.proquest.com/openview/4fae8b18e852d7c52577848097bdbbc2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y

Scott, J. C. (1987). *Weapons of the weak: Everyday forms of peasant resistance.* Yale University Press. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=wRcOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Scott,+J.+C.+(1987).+Weapons+of+the+weak:+Everyday+forms+of+peasant+resistance.+Yal

Spivak, G. C. (1988). Can the subaltern speak? In C. Nelson & L. Grossberg (Eds.), Marxism and the interpretation of culture (pp. 271–313). University of Illinois Press. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=rtpgMCVSopIC&oi=fnd&pg=PR5&dq=C.+Nelson+and+L.+Grossberg+(eds,),+Marxism+and+the+Interpretation+of+Culture

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2018). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (11. baskı). Seçkin Yayıncılık. https://open.metu.edu.tr/handle/11511/70532

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TEK FREKANSTA DİELEKTRİK SABİTİ KARAKTERİZASYONU YAPABİLEN VARAKTÖR KONTROLLÜ MİKRODALGA SENSÖRÜ

Şevket KÖKSAL
Iğdır Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD
ORCID: 0009-0002-5026-1180

Dr. Öğr. Üyesi Sadık ZUHUR
Iğdır Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü
ORCID: 0000-0001-7033-4098

Doç. Dr. Muhammed Said BOYBAY
Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü
State University of New York at New Paltz, School of Science and Engineering, Department of Electrical Engineering
ORCID: 0000-0003-0503-2557

ÖZET

Bu çalışma, 0.8 GHz frekansında malzemelerin dielektrik sabitini (ε) karakterize etmek amacıyla geliştirilen bir mikrodalga sensörünün tasarımını ve simülasyon sonuçlarını sunmaktadır. Sensör, çift taraflı bakır kaplamalı 1.6 mm FR4 alt tabaka üzerine yerleştirilmiştir. Üst katman 50 Ω karaktersitik empedansa sahip bir mikroşerit iletim hattı içerirken, alt katman test edilen malzeme ile etkileşimi artırmak için elektrik alan bölgesi oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Yapı; 3.3 pF sabit kapasitör, bir varaktör diyot ve 1.6 nH indüktör içermektedir. Varaktöre 0 – 15 V DC öngerilim uygulanarak, etkin kapasitans değiştirilmiş ve bu esnada rezonans frekansında kontrollü kaymalar elde edilmiştir.

Simülasyon sonuçları, rezonans frekansının 0.6 – 1.02 GHz aralığında ayarlanabildiğini ve bunun dielektrik sabitine bağlı olarak yaklaşık %40 – 60 bir frekans kaymasına karşılık geldiğini göstermektedir. Yansıma (S11) ve iletim (S21) parametrelerinin analizi, S11'de -40 dB ve S21'de -5 dB'lik rezonans minimumlarının meydana geldiğini ve malzeme ile güçlü bir elektromanyetik etkileşim sağladığını doğrulamaktadır.

25 × 40 mm^2 olan kompakt boyutlarıyla önerilen sensör, simülasyonlarda S parametrelerinin hızlı bir şekilde elde edilmesine ve ölçüm kolaylığı sağlamaya olanak sağladığı için literatürdeki benzer yapılara kıyasla daha hızlı analiz imkânı sunmaktadır. Genel olarak sensör, yüksek hassasiyet, kompaktlık, düşük maliyet ve geniş ayarlanabilirlik sunarak, mikrodalga mühendisliğinde dielektrik malzeme karakterizasyonu, kalite kontrol ve algılama uygulamaları için yeni ve etkili bir çözüm ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından ARDEB 122E223 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayarlanabilir mikrodalga sensörü, dielektrik sabit, varaktör diyot, FR4, rezonatör.

VARACTOR CONTROLLED MICROWAVE SENSOR FOR DIELECTRIC CHARACTERIZATION AT SINGLE FREQUENCY

ABSTRACT

This study presents the design and simulation results of a microwave sensor developed to characterize the dielectric constant (ε) of materials at a frequency of 0.8 GHz. The sensor is placed on a 1.6 mm FR4 substrate with double-sided copper cladding. The top layer contains a microstrip transmission line with a characteristic impedance of 50 Ω, while the bottom layer is designed to create an electric field region to enhance interaction with the tested material. The structure includes a 3.3 pF capacitor, a varactor diode, and a 1.6 nH inductor. By applying a 0 – 15 V DC bias to the varactor, the effective capacitance is varied, resulting in controlled shifts in the resonance frequency. Simulation results show that the resonance frequency can be tuned between 0.6 and 1.02 GHz, corresponding to a frequency shift of approximately 40 – 60%, depending on the dielectric constant. Analysis of the reflection (S11) and transmission (S21) parameters confirms the occurrence of resonance minima of -40 dB at S11 and -5 dB at S21, resulting in a strong electromagnetic interaction with the material.

With its compact dimensions of 25 × 40 mm^2, the proposed sensor enables rapid acquisition of S parameters in simulations and ease of measurement, enabling faster analysis compared to similar structures in the literature. Overall, the sensor offers high sensitivity, compactness, low cost, and wide adjustability, providing a novel and effective solution for dielectric material characterization, quality control, and sensing applications in microwave engineering.

This study was supported by TUBITAK within the scope of project number ARDEB 122E223.

Keywords: Tunable microwave sensor, dielectric constant, varactor diode, FR4, resonator.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİYLE S1–S2–DSM TABANLI ÇOK MODLU ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLANDIRMASI

Dr. Öğr. Üyesi Osman Tayfun BİŞKİN
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-2326-9438

ÖZET
Bu çalışmada, uzaktan algılama görüntüleri kullanılarak piksel düzeyinde arazi örtüsü sınıflandırması için makine öğrenmesi yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Uzaktan algılama yöntemleri ile su yolları, binalar ve yeşil alanlar gibi bölgelerin sınıflandırılası kentsel planlama, altyapı yönetimi ve su taşkınları ya da kuraklık izleme gibi görevlerde önemli bir rol oynamaktadır. Bu amaçla bu alanların birbirinden ayrılarak başarılı bir şekilde sınıflandırılması gerekmektedir. Bu çalışmada bu alanların sınıflandırılmasında kullanılabilecek makine öğrenmesi yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Simülasyonlar, Almanya'nın Augsburg kentini kapsayan çok modlu MDAS veri seti üzerinde yürütülmüştür. Veri setindeki Sentinel-1 (SAR), Sentinel-2 (multispektral) ve sayısal yüzey modeli (DSM) birlikte kullanılarak piksel tabanlı çok modlu sınıflandırma yapılmıştır. Bu amaçla, yaygın ve güncel makine öğrenmesi yöntemleri olan, LightGBM, lojistik regresyon, karar ağaçları (decision trees) rastgele orman (Random Forest), Gaussian Naive Bayes ve lojistik regresyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan tüm modeller aynı eğitim süreciyle eğitilerek performansları değerlendirilmiştir. Veri seti eğitim, doğrulama ve test olarak üçe ayrılmış, hiperparametre seçimleri doğrulama üzerinde yapılmış ve performans karşılaştırmaları test veri seti temel alınarak değerlendirilmiştir. Performans karşılaştırmalarında en sık kullanılan ölçütler olan genel doğruluk (Overall Accuracy), F1 skoru, duyarlılık (recall) ve kesinlik (precision) esas alınarak modellerin sınıflandırma performansları incelenmiştir. Böylece farklı makine öğrenmesi algoritmalarının MDAS veri seti üzerinde piksel tabanlı çok modlu sınıflandırmadaki performanslarının farklı metriklere göre karşılaştırması yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Çok modlu uzaktan algılama, arazi örtüsü sınıflandırması, makine öğrenmesi, SAR, Sentinel-2.

S1–S2–DSM–BASED MULTIMODAL LAND-COVER CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING METHODS

ABSTRACT
In this study, the performances of machine learning methods for pixel-level land cover classification using remote sensing imagery were compared. The classification of regions such as waterways, buildings, and green areas through remote sensing plays a crucial role in urban planning, infrastructure management, and tasks such as flood or drought monitoring. For this reason, it is essential to accurately distinguish and classify these regions. This study aimed to compare the performances of machine learning algorithms that can be used for the classification of these areas. The simulations were conducted on the multimodal MDAS dataset covering the city of Augsburg, Germany. Pixel-wise multimodal classification was performed by combining Sentinel-1 (SAR), Sentinel-2 (multispectral), and the Digital Surface Model (DSM) data in the dataset.

To this end, widely used and contemporary machine learning methods such as LightGBM, logistic regression, Decision Tree classifiers, Random Forest, and Gaussian Naive Bayes were evaluated and compared. All models were trained using the same training procedure, and their performances were assessed under identical conditions. The dataset was split into training, validation, and test sets, and hyperparameter tuning was conducted on the validation set, while performance evaluations were based on the test set. The classification performances of the models were examined using commonly adopted evaluation metrics, including Overall Accuracy, F1-score, Recall (sensitivity), and Precision. In this way, the performances of different machine learning algorithms in pixel-wise multimodal classification on the MDAS dataset were systematically compared based on multiple metrics.
Keywords: Multimodal remote sensing, land-cover classification, machine learning, SAR, Sentinel-2.

GİRİŞ

Arazi örtüsünün piksel düzeyinde haritalanması kentsel büyümenin takibi, altyapı planlaması, afet risk izleme ve çevresel sürdürülebilirlik politikaları için temel bir gereksinimdir. Bu haritalardaki değişimlerin anlaşılması karar alıcılar için önem arz etmektedir. Bu haritaların doğruluğu, elde edilen verilerin kalitesine ve uygulanan sınıflandırma yöntemlerinin başarısına bağlıdır.

Geleneksel olarak, uzaktan algılama görevleri için toplanan veriler genellikle tek bir sensöründen elde edilmiştir (SSDD, Zhang et al., 2021; Xia et al., 2018). Bu veriler kullanılarak yapılan sınıflandırmalara tek modal sınıflandırma denilmektedir. Bu yaklaşım, basit ve pratik olsa da, her sensör türünün doğasında var olan belirli sınırlamalar nedeniyle sıklıkla yetersiz kalmaktadır. Bu tekil sınırlılıklar, modellerin her koşulda genelleme yapma ve güvenilir sonuçlar üretme yeteneğini kısıtlamaktadır. Bunda dolayı literatürse çok modlu uzaktan algılama veri setleri üretilmiştir (Hong et al. (2021e); Zhu et al., 2020). Bu veri setleri kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılırken, tekil veri kaynaklarının kısıtlılıklarını aşmak için, farklı sensör tiplerinden gelen tamamlayıcı bilgilerin birleştirilmesi (füzyon) giderek daha yaygın bir strateji haline gelmiştir (Hu et al., 2023; Treitz & Rogan, 2004).

Çok modelli veri setlerinden biri olan MDAS veri seti Almanya'nın Augsburg şehrinde aynı günde toplanan verileri içermesi nedeniyle önemlidir. Bu veri setinde SAR verisi, multispektral görüntüler, hiper spektral görüntüler, sayısal yüzey modeli ve coğrafi bilgi sistemi veri yer almaktadır. (Hu et al., 2023)

Bu çalışmanın amacı Sentinel-1 (S1), Sentinel-2 (S2) ve Sayısal Yüzey Modeli (DSM) kanallarının birleşimi ile çok modlu bina sınıflandırma yapmaktır. Bu amaçla klasik makine öğrenmesi yöntemleri arasında yer alan ağaç tabanlı yöntemler, regresyon yöntemi ve istatistiksel yöntem kullanılmış ve performansları karşılaştırılmıştır.

YÖNTEM

Veri Seti

Bu çalışmada MDAS (a new multimodal benchmark dataset for remote sensing) çok-modlu veri kümesi kullanılmıştır. MDAS, Almanya'nın Augsburg kenti için hazırlanmış çok modlu (birden fazla veri türünü içeren) bir uzaktan algılama veri setidir. En önemli özelliği, farklı kaynaklardan gelen tüm görüntülerin aynı gün (7 Mayıs 2018) toplanmış olmasıdır. Böylece veride görüntü alınan bölgede meydana gelen zamansal etkiler en aza indirilmiştir.

Veri setinin içerisinde Sentetik Açıklıklı Radar (SAR)(Sentinel-1) verisi, multispektral görüntü (Sentinel-2), hiperspektral görüntü, Sayısal Yüzey Modeli (DSM) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) verileri yer almaktadır.

Sentetik Açıklık Radar (SAR) görüntüsü bulutlardan ve gece/gündüz farkından etkilenmeyerek yüzey dokusu, yüzeyin pürüzlülüğü ve yapıların varlığı gibi yapısal ipuçları verir. Sentinel-2'den elde edilen multispektral görüntü görünür ve kızılötesi bantlardan elde edilir. Bu bantlardan elde edilen görüntü bitki örtüsü sağlığı, su varlığı ve çıplak zemin gibi arazi örtüsü hakkında temel bilgiler verir. Veri setinde yer alan hiper spektral veri ise çok fazla dar banttan oluşan ayrıntılı optik veridir. Bitki türler veya yüzey kaplamaları gibi malzeme türleri hakkında daha ince ayrıntı verir. Bir diğer veri olan DSM (Digital Surface Model-Sayısal Yüzey Modeli) ise arazinin ve üzerindeki nesnelerin yükseklik bilgisini veren bir yüzey modeli.
Bu çalışmada ikili sınıflandırma yapılarak görüntülerdeki binalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM verileri birlikte kullanılmıştır. Şekil 1'de MDAS veri setindeki Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM verileri için bir test verisi örneği gösterilmiştir.

Şekil 1: MDAS veri setindeki Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM verileri için bir test verisi örneği.

Ön İşleme

Ön işleme aşamasında ilk olarak farklı uzamsal çözünürlük ve geometrilere sahip olan girdi verileri ortak bir referans ızgaraya (grid) hizalamıştır. Bu amaçla, Sentinel-2 (S2) görüntüsü referans olarak belirlenmiş ve tüm diğer modaliteler (Sentinel-1 (S1), Sayısal Yüzey Modeli (DSM) bu referansın geometrik özelliklerine yeniden yansıtılmıştır (reproject).
Bununla birlikte bu işlem sırasında veriler yeniden örneklenmiştir. S1 ve S2 verisinde yeniden örnekleme işlemi için bilinear (çift doğrusal) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, hedef piksel değeri en yakın dört girdi pikselinin ağırlıklı ortalamasını alarak hesaplanır. DSM için ise, işlem hızını artırmak amacıyla ortalama (average) yeniden örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Arazi örtüsü sınıflarını temsil eden etiket verileri ise en yakın komşu yeniden örnekleme yöntemi kullanılarak referans ızgaraya hizalanır.

Veri Füzyonu ve Modeller

Tüm modaliteler ortak bir çözünürlüğe hizalandıktan ve normalize edildikten sonra, bu modalitelerden elde edilen öznitelikler piksel tabanlı füzyon (pixel-wise fusion) yöntemi ile her bir piksel için bir öznitelik vektörü oluşturmak amacıyla birleştirilir. Daha sonra bu öznitelikler makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırma amacıyla kullanılmıştır.
Bu çalışmada, hesaplama verimliliği ve yorumlanabilirlik avantajları nedeniyle beş farklı klasik makine öğrenmesi algoritması kullanılmış ve bunlar arasında sınıflandırma performansı açısında karşılaştırma yapılmıştır.

Bu algoritmalar arasında ağaç tabanlı yöntemler olarak, çok sayıda karar ağacından oluşan topluluk (ensemble) tabanlı bir yöntem olan Random Forest (rastgele ormanlar), Gradient boosting prensibine dayalı, ağaç tabanlı bir model olan LightGBM ve temel bir ağaç tabanlı yöntem olan Decision Tree (karar ağaçları) yöntemleri kullanılmıştır. Öte yandan, bir regresyon tabanlı model olan lojistik regresyon ve olasılıksal bir model olan Gaussian NB modelleri de karşılaştırmada kullanılan diğer modellerdir.

BULGULAR

Tüm veri ikili sınıflandırma yapılmak üzere eğitim(train), doğrulama(validation) ve test kümelerine ayrılır. Bu bölme işlem rastgele biçimde yapılmıştır. Simülasyon için veriler eğitim, validasyon ve test olmak üzere sırası ile %80 %10 ve %10 oranında ayrılmıştır. Performanslarını karşılaştırmak için doğruluk, kesinlik duyarlılık, F1-skoru, Kappa değeri ROC AUC ve PR AUC değerleri kullanılmıştır.

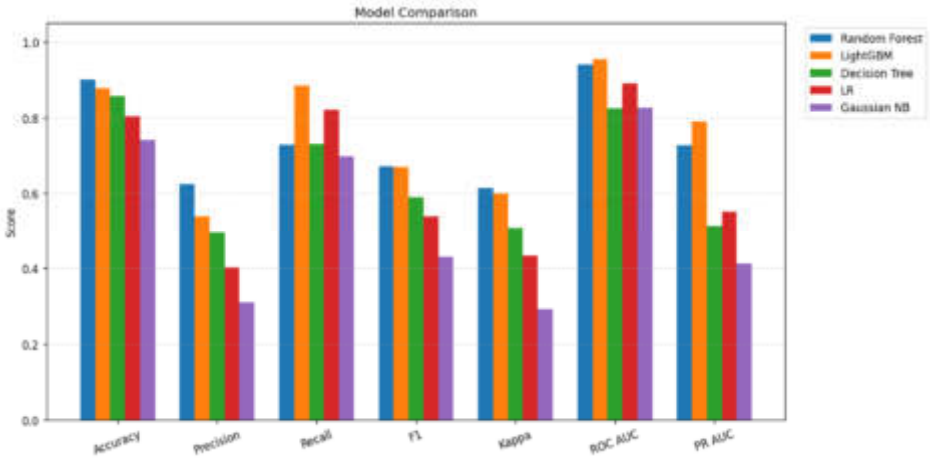
Benzetim sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1 incelendiği zaman Random Forest ve LightGBM gibi ağaç tabanlı ve topluluk öğrenme (ensemble) yöntemlerinin en yüksek başarıyı elde ettiği görülmektedir. Bu modeller, doğruluk, kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1 puanı ve Kappa katsayısı gibi temel metriklerde diğer algoritmalarla karşılaştırıldığında daha başarılı olmuşlardır. Öte yandan, Lojistik Regresyon (LR) ve Gaussian Naive Bayes (Gaussian NB) diğer modellerin gerisinde kalmıştır.

Random Forest, %90.07'lik genel doğruluk oranı ile en iyi performansı göstermiştir. Bununla beraber LightGBM (%87.82) ve Decision Tree (%85.77) de yüksek doğruluk oranları elde etmiştir. LR (%80.40) ve GaussianNB (%74.05) ise doğruluk oranları bakımından diğer modellerin gerisinde kalmıştır. Yine Random Forest, %62.38'lik kesinlik ve %72.83'lük duyarlılık ile dengeli bir performans sergilemektedir. LightGBM modeli ise %53.88'lik daha düşük bir kesinliğe karşın, %88.52 ile en yüksek duyarlılık oranına ulaşmıştır. ROC AUC metriğine bakıldığında Random Forest'ın %94.13'lük ROC AUC değeri ve LightGBM'nin %95.36'lık değeri, her iki modelin de diğer modellere göre başarısını göstermektedir.

Tablo 1: MDAS veri kümesi üzerinde (Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM) makine öğrenmesi algoritmalarının performans karşılaştırması.

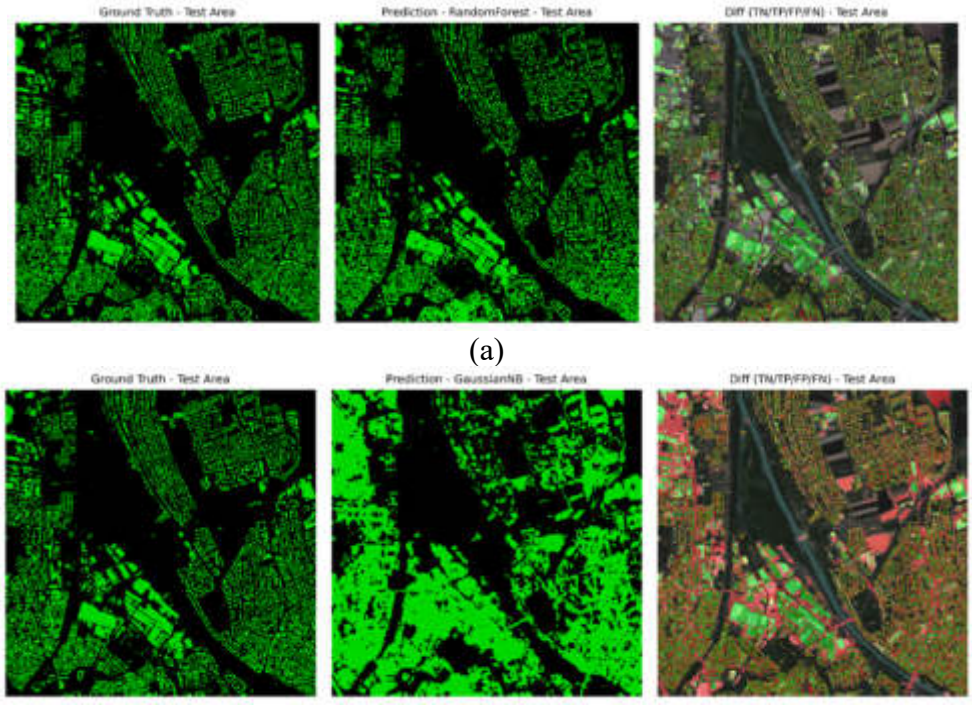
Model	Accuracy	Precision	Recall	F1	Kappa	ROC AUC	PR AUC
Random Forest	0.9007	0.6238	0.7283	0.6720	0.6140	0.9413	0.7271
LightGBM	0.8782	0.5388	0.8852	0.6698	0.6005	0.9536	0.7890
Decision Tree	0.8577	0.4936	0.7303	0.5891	0.5070	0.8244	0.5126
LR	0.8040	0.4014	0.8209	0.5391	0.4328	0.8894	0.5513
Gaussian NB	0.7405	0.3096	0.6980	0.4290	0.2920	0.8258	0.4125

Şekil 2'de ise MDAS veri kümesi üzerinde (Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM) makine öğrenmesi algoritmalarının performans metriklerine göre karşılaştırmalı sonuçları verilmektedir.



Şekil 2. MDAS veri kümesi üzerinde (Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM) makine öğrenmesi algoritmalarının performans metriklerine göre karşılaştırmalı sonuçları

Şekil 3'te en yüksek doğruluğa sahip Random Forest ve en düşük doğruluğa sahip Gaussian NB modeli ile yapılan bina sınıflandırması sonuçlarının Gerçek (Ground Truth) model tahmini ve fark haritasının üst üste bindirilmiş görünümü verilmiştir. En sağda yer alan fark haritasında yeşil alanlar modeli doğru tahmin yaptığı bölgeleri, kırmızı alanlar ise modelin hatalı yaptığı tahminleri göstermektedir. Fark haritalarına bakıldığında Random Forest yönteminin daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 3: En yüksek doğruluğa sahip (a) Random Forest ve en düşük doğruluğa sahip (b) Gaussian NB modeli ile yapılan bina sınıflandırması sonuçlarının Gerçek (Ground Truth) (sol), model tahmini (orta) ve fark haritasının üst üste bindirilmiş görünümü (sağ).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada MDAS veri seti üzerindeki piksel tabanlı sınıflandırma görevi için çok modelli veri füzyonu kullanılarak makine öğrenmesi algoritmalarının performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Random Forest ve LightGBM algoritmaları en yüksek sınıflandırma doğruluğunu elde etmiştir. Buna karşın, doğrusal modeller (LR) ve basit olasılıksal yaklaşımlar (Gaussian NB) performans metriklerine bakıldığında diğer yöntemlerin gerisinde kalmıştır.

Çok modelli veri füzyonu, tekil veri kaynaklarının doğal sınırlılıklarının üstesinden gelerek daha sağlam sınıflandırma sonuçları elde edilmesini sağlar. Bu sonuçlar, karar ağaçları yöntemlerinin Sentinel-1, Sentinel-2 ve DSM gibi tamamlayıcı veri kaynaklarının birleştirilmesi neticesinde sınıflandırma amacıyla etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Random Forest ve LightGBM, hem yüksek doğruluk hem de genel denge açısından en başarılı modeller olarak öne çıkmaktadır. Decision Tree temel düzeyde kabul edilebilir performans sağlarken, Gaussian NB özellikle düşük Precision ve Kappa değerleriyle bu veri seti özelinde diğer algoritmalara göre performans metrikleri bakımında geride kalmıştır.

Elde edilen bulgular, özellikle Random Forest ve LightGBM gibi algoritmaların, çok modelli verilerden anlamlı bilgiler çıkararak arazi örtüsü sınıflandırmada etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın sınırlılıkları arasında, sadece klasik makine öğrenmesi algoritmalarına odaklanılması yer almaktadır. Gelecekteki çalışmalar, derin öğrenme yöntemlerinin yaklaşımlarının MDAS veri seti üzerindeki performansını değerlendirerek bu çalışmanın bulgularını genişletebilecektir.

KAYNAKLAR

Hong, D., Hu, J., Yao, J., Chanussot, J., & Zhu, X. X. (2021). Multimodal remote sensing benchmark datasets for land cover classification with a shared and specific feature learning model. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 178, 68-80.

Hu, J., Liu, R., Hong, D., Camero, A., Yao, J., Schneider, M., Kurz, F., Segl, K. & Zhu, X. X. (2023). MDAS: A new multimodal benchmark dataset for remote sensing. Earth System Science Data, 15(1), 113-131.

Xia, G.-S., Bai, X., Ding, J., Zhu, Z., Belongie, S., Luo, J., Datcu, M., Pelillo, M., and Zhang, L. (2018). DOTA: A large-scale dataset for object detection in aerial images. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 3974-3983).

Zhang, T., Zhang, X., Li, J., Xu, X., Wang, B., Zhan, X., Xu, Y., Ke, X., Zeng, T., Su, H., Ahmad, I., Pan, D., Liu, C., Zhou, Y., Shi., J., and Wei, S. (2021). SAR ship detection dataset (SSDD): Official release and comprehensive data analysis. Remote Sensing, 13(18), 3690.

Zhu, X. X., Hu, J., Qiu, C., Shi, Y., Kang, J., Mou, L., Bagheri, H., Haberle, M., Hua, Y., Huang, R., Hughes, L., Li, H., Sun, Y., Zhang, G., Han, S., Schmitt, M., and Wang, Y. (2020). So2Sat LCZ42: A benchmark data set for the classification of global local climate zones [software and data sets]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 8(3), 76-89.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

NASICON TABANLI LATP VE İNDİYUM KATKILI TÜREVİNİN AIMD İLE AYDINLATILAN İYON TAŞINIM DİNAMİKLERİ VE TERMAL DAVRANIŞI

Savaş ŞEHİRLİ
Selçuk Üniversitesi, Feb Bilimleri Enstitüsü, Nano Teknoloji ve İleri Malzemeler
ORCID: 0000-0002-2049-5464

Prof. Dr. Gültekin ÇELİK
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü
ORCID: 0000-0001- 8587-322X

ÖZET

NASICON tipi $Li_{1+x}Al_xIn_yTi_{2-x-y}(PO_4)_3$ sistemi (x = 0,3; y = 0,14), yapısal kararlılığı ve yüksek iyonik iletkenlik potansiyeli nedeniyle tümüyle katı hâl lityum-iyon pilleri için umut vadeden bir katı elektrolit adayı olarak dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, saf $Li_{1.3}Al_{0.1}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ (LATP) ile 10 mol İndiyum katkılı $Li_{1.3}Al_{0.3}In_{0.14}Ti_{1.56}(PO_4)_3$ (In-LATP, LATIP) yapılarının lityum iyonu taşıma karakteristikleri ab iniOo moleküler dinamik (AIMD) simülasyonları ile araştırılmıştır. 298K–1000 K sıcaklık aralığında iyonik iletkenlik değerleri hesaplanmış ve aktivasyon enerjilerinin belirlenmesi ile iletim mekanizmalarının anlaşılması amacıyla Arrhenius ilişkisi (log D– 1000/T) kullanılarak analiz edilmiştir. LATP için iyonik iletkenlik 298 K'de $5,89 \times 10^{-4}$ S cm^{-1} iken, sıcaklık arttıkça düzenli bir şekilde yükselerek 700 K'de $3,88 \times 10^{-3}$ S cm^{-1}' ye ve 1000 K'de $9,62 \times 10^{-3}$ S cm^{-1}' ye ulaşmıştır. Bu yapı için aktivasyon enerjisi Ea = 0,23 eV olarak bulunmuştur. Buna karşılık In-LATP(LATIP), 298 K'de $1,23 \times 10^{-6}$ S cm^{-1} gibi oldukça düşük bir iletkenlik göstermekte, ancak sıcaklığın artmasıyla birlikte hızlı bir yükselişle 1000 K'de $1,06 \times 10^{-2}$ S cm^{-1} değerine ulaşmaktadır. Bu yapının aktivasyon enerjisi Ea = 0,31 eV olup, düşük sıcaklıklarda İndiyum katkısının Li iyon (Li^+) hareketliliğini belirgin şekilde sınırladığı, yüksek sıcaklıklarda ise kafes yapısında oluşturduğu yerel bozulmalar yoluyla ek iletkenlik kanallarının açılmasına olanak tanıdığı anlaşılmaktadır. Karşılaştırmalı AIMD analizi, NASICON tipi elektrolitlerde oda sıcaklığı iletkenliği ile yüksek sıcaklık performansı arasındaki dengeyi açıkça ortaya koymaktadır. Saf LATP düşük sıcaklıkta daha iyi taşınım özellikleri sergilerken, In-LATP(LATIP) ~800 K'nin üzerinde daha yüksek iletkenlik avantajı sağlamaktadır. Bu sonuçlar, aktivasyon bariyerlerinin ve iletim ağlarının dopant mühendisliği ile kontrol edilmesinin önemini vurgulamakta ve tümüyle katıhâl lityum-iyon piller için iletkenlik, kararlılık ve çalışma sıcaklığı dengesi açısından değerli tasarım ilkeleri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: NASICON katı elektrolit, İyonik iletkenlik, İndiyum katkılama, Aktivasyon enerjisi, AIMD simülasyonu.

IONIC TRANSPORT DYNAMICS AND THERMAL BEHAVIOR OF NASICON-TYPE LATP AND ITS INDIUM-DOPED DERIVATIVE ELUCIDATED BY AIMD

ABSTRACT

The NASICON-type $Li_{1+x}Al_xIn_yTi_{2-x-y}(PO_4)_3$ system (x = 0.3; y = 0.14) has emerged as a leading solid electrolyte candidate for all-solid-state lithium-ion batteries owing to its robust framework and high ionic conductivity potential. In this work, we employ ab initio molecular dynamics (AIMD) simulaOons to examine lithium-ion transport in pristinene $Li_{1.3}Al_{0.1}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ (LATP) and its 10 mol indium subsituted analogue $Li_{1.3}Al_{0.3}In_{0.14}Ti_{1.56}(PO_4)_3$ (In-LATP or "LATIP").

Ionic conductivities were computed over the 298–1000 K temperature range and analyzed via Arrhenius plots (log D vs. 1000/T) to extract activation barriers. For LATP, the room-temperature conductivity is 5.89×10^{-4} S cm^{-1}, rising steadily to 3.88×10^{-3} S cm^{-1} at 700 K and 9.62×10^{-3} S cm^{-1} at 1000 K. The corresponding activation energy is determined to be Ea = 0.23 eV. In contrast, In-LATP exhibits a suppressed conductivity of 1.23×10^{-6} S cm^{-1} at 298 K but undergoes a rapid increase with temperature, reaching 1.06×10^{-2} S cm^{-1} at 1000 K; its activation energy is Ea = 0.31 eV ve these observations indicate that indium doping impedes Li^{+} diffusion at lower temperatures yet facilitates additional conduction pathways at elevated temperatures through localized framework distortions. Comparative AIMD analysis highlights the trade-off between room-temperature performance and high-temperature conductivity in NASICON-type electrolytes: pristine LATP outperforms at ambient conditions, whereas In-LATP excels above approximately 800 K. This study underscores the critical role of dopant engineering in modulating activation barriers and conduction networks, offering valuable design guidelines for next-generaOon solid electrolyte materials in fully solid-state lithiumion batteries.

Keywords: NASICON solid electrolyte, Ionic conductivity, Indium doping, Activation energy, AIMD simulations

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

REAKTİF EKSTRÜZYON YOLUYLA GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİPROPİLENİN TERMAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Betül GÜLGEÇ
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID: 0009-0002-4922-0795

Arş. Gör. Berna KÖRPINAR
Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID: 0000-0002-9149-5234

Prof. Dr. Hakan AKAT
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID: 0000-0003-4002-5352

ÖZET
Ticari kullanımı çok fazla olan polipropilenin geri dönüşümü, sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlayan önemli bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Ancak, geri dönüştürülmüş polipropilenin (rPP) özellikleri, saf polipropilene kıyasla sınırlı kalabilmektedir. Bu durum, malzemenin mekanik ve termal özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik yeni stratejilerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Polipropilenin apolar ve kimyasal olarak nispeten inert olması da uygulamasını kısıtlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, reaktif ekstrüzyon yöntemiyle geri dönüştürülmüş polipropilene farklı monomerlerin aşılanması yoluyla, malzemenin özelliklerini optimize etmektir. Çalışma kapsamında, 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit monomerleri ve oksitlenmiş polietilen ile hazırlanan kompozitlerin termal özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, hazırlanan kompozitlerin kimyasal yapıları Fourier Dönüşüm Infrared Spektroskopisi (FTIR) ve erime davranışları eriyik akış hızı (MFI) yöntemleriyle karakterize edilmiştir. 1,6-Hekzandiol ve tereftalik asit monomerleriyle hazırlanan ön karışımın rPP matrisiyle reaktif ekstrüzyonu sonucunda elde edilen numunelerde, eriyik akış hızı (MFI) ve termal özelliklerde rPP'ye kıyasla anlamlı iyileşmeler tespit edilmiştir. Çalışmadaki numuneler arasında en yüksek MFI değeri RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK kodlu numunede elde edilmiştir. Kompozitlerin mekanik özelliklerinin değerlendirilebilmesi için ISO 527-1/2:2012 metoduna uygun olarak çekme testi yapılmıştır. Modifiye edilen numunelerden RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK_230C, RPP_HXDTFA1_KAT001 _80RPM_30DK_230C ve RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK_230C numuneleri referans RPP numunesine (1385,31 MPa) kıyasla sırasıyla %9,40, %3,52 ve %5,30 oranında daha yüksek elastik modül değerleri sergilemiştir.
Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm polipropilen, reaktif ekstrüzyon, fonksiyonel polimer

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ENHANCEMENT OF THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLED POLYPROPYLENE VIA REACTIVE EXTRUSION

ABSTRACT
The recycling of polypropylene, which has a wide range of commercial uses, stands out as an important material that contributes to sustainability goals. However, the properties of recycled polypropylene (rPP) may be limited compared to pure polypropylene. This situation necessitates the development of new strategies to improve the mechanical and thermal properties of the material. The apolar and chemically relatively inert nature of polypropylene also limits its application. The aim of this study is to optimize the properties of recycled polypropylene by grafting different monomers onto it using the reactive extrusion method. Within the scope of the study, the thermal properties of composites prepared with 1,6-hexanediol and terephthalic acid monomers and oxidized polyethylene were examined in detail. Additionally, the chemical structures of the prepared composites were characterized using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and their melting behavior was characterized using the melt flow index (MFI) method. Significant improvements in melt flow rate (MFI) and thermal properties were observed in the samples obtained through reactive extrusion of the pre-mix prepared with 1,6-hexanediol and terephthalic acid monomers with the rPP matrix, compared to rPP. The highest MFI value among the samples in the study was obtained in the sample coded RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK. Tensile tests were performed in accordance with the ISO 527-1/2:2012 method to evaluate the mechanical properties of the composites. The modified samples RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK_230C, RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_30DK_230C, and RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK_230C exhibited elastic modulus values that were 9.40%, 3.52%, and 5.30% higher, respectively, compared to the reference RPP sample (1385.31 MPa).
Keywords: Recycled polypropylene, reactive extrusion, functional polymer

GİRİŞ
Petrolden elde edilen ve doğada biyolojik olarak parçalanmaları uzun süren poliolefinlerin, kullanım sonrası atıklarının etkin yönetimi kritik olup, bu inert atıkların fonksiyonel hale getirilmesi ile endüstriyel olarak tekrar kullanımları mümkün kılınmaktadır [1]. Poliolefinler endüstride en yaygın kullanılan ticari polimerler arasında yer almaktadır. Ancak malzemenin yapısının apolar olması nedeniyle uygulama çeşitliliğinde bazı kısıtlamalar bulunmaktadır [2]. Reaktif ekstrüzyon, bir ekstrüdere iki veya daha fazla bileşen beslenerek proses boyunca sıcaklık, basınç ve kesme kuvvetinin etkisi altında kontrollü kimyasal reaksiyonlara girmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntem, polimer matrisin kimyasal olarak serbest radikal aşılama yoluyla modifiye edilmesi ve yeni fonksiyonel grupların kazandırılması gibi amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır [3, 4]. Yüksek aşılama verimine ulaşılabilmesi için, poliolefin makroradikallerinin zincir kesilmesine maruz kalmadan önce aşılama monomerleri ile reaksiyona girmesi gerekmektedir. Monomer aşılama deneylerinin yürütülmesindeki temel zorluk, yan reaksiyonları en aza indirecek veya kontrol altında tutacak ve aynı zamanda istenen ürün özelliklerini sağlayacak şekilde aşılama verimini en üst düzeye çıkaracak proses koşullarının tasarlanmasıdır. Makromonomerler, reaktif çift bağ içeren polimerik, oligomerik veya diğer yüksek moleküler ağırlıklı yapılardan oluşur. Bu tür yapılar genellikle stiren, (met)akrilat esterleri veya maleimid türevleri gibi bileşiklerdir [3]. Aşılama reaksiyonlarında en yaygın kullanılan başlatıcı türleri peroksit bileşikleridir.

Literatürde yer alan bir çalışmada, yapısında peroksit içeren oksitlenmiş polipropilen, aşılanmış polipropilen kopolimerlerinin sentezinde polimerizasyon başlatıcısı olarak kullanılmıştır. Maleik anhidrit (MAH) ve stirenin (St) polipropilen (PP) matrisi üzerine serbest radikal mekanizması ile eriyik fazda aşılanması, tek vidalı ekstrüder kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, MAH'ın St'ye molar oranının yaklaşık 1:1 olduğu koşullarda en yüksek MAH aşılanma derecesine ulaşılmıştır [5]. Oksitlenmiş polipropilen kullanılarak gerçekleştirilen aşılama işleminin en önemli avantajı, yüksek maliyetli ve çevre dostu olmayan organik peroksitlerin kullanım gerekliliğini ortadan kaldırmasıdır. Benzer şekilde, 2006 yılında yayımlanan bir çalışmada, poliolefin omurgasında radikal aktif bölgeler oluşturabilen yeni bir oksitlenmiş polipropilen sınıfı rapor edilmiştir. İlgili çalışmada, oksitlenmiş polipropilenin, polipropilen aşılı kopolimerlerin sentezinde polimerizasyon başlatıcısı olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur. Isıl işlem sonrasında, oksitlenmiş polipropilen yapısındaki peroksit gruplarının, monomerlerin doymamış çift bağları ile reaksiyona girerek polimerizasyonu başlatan serbest radikal kaynakları olarak işlev gördüğü gösterilmiştir [6]. Literatürde yayımlanan diğer bir çalışmada, birinci nesil Grubbs katalizörü kullanılarak norbornenin polipropilen zincirine reaktif ekstrüzyonla aşılanması, sert reaksiyon koşullarına ihtiyaç duymadan endüstriye uyarlanabilir şekilde gerçekleştirilmiş ve elde edilen PP-g-NB'nin yapısal ile reolojik özellikleri incelenmiştir. Reaktif ekstrüzyon sürecinde, birinci nesil Grubbs katalizörü (GC1), norbornenin sterik engelini aşarak polipropilen zincirine başarılı bir şekilde aşılanmasını ve norbornenin halkalı açılma metatez polimerizasyonunun (ROMP) başlatılmasını sağlamıştır [7]. Başlatıcı türü ile aşılanmış polipropilen arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, dikumil peroksit ve benzoil peroksit olmak üzere iki farklı başlatıcı kullanılarak reaktif ekstrüzyon yöntemi ile polipropilene stiren aşılanmıştır [8]. Polipropilen/akrilonitril-stiren (PP/AS) karışımlarının peroksit (DCP) katkısı ile uyumluluğunun incelendiği bir çalışmada, başlatıcı olarak kullanılan dikümil peroksitin optimum konsantrasyonunun %0,2 (ağırlıkça) ve reaksiyon sıcaklığının 195°C'nin üzerinde olması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca, 50/50 PP/AS/DCP karışımı için maksimum aşılama derecesi ağırlıkça %6 olarak tespit edilmiştir [9]. Başka bir çalışmada, geri dönüştürülmüş polipropilenin (rPP) özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, maleik anhidrit (MAH) monomeri ile glisidil metakrilat (GMA) aşıları arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonun kullanılmasıyla, dallanmış zincir yapısına sahip uzun zincirli dallı polipropilenin reaktif ekstrüzyon yöntemiyle sentezlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, GMA ile aşılanmış geri dönüştürülmüş polipropilen (rPP-g-GMA), çift vidalı ekstrüder kullanılarak eriyik ekstrüzyon tekniği ile üretilmiştir [10].

Bu çalışmanın amacı, oksitlenmiş poliolefin kullanılarak sentetik atık takviyeli poliolefin aşı kopolimerlerinin reaktif ekstrüzyon yöntemiyle sentezlenmesidir. Sentetik atık materyal olarak geri dönüştürülmüş polipropilen kullanılmış ve bu matrise 1,6-hekzandiol ile tereftalik asit monomerleri aşılanmıştır. Sentez süreci sonunda elde edilen numunelerin yapısal bütünlüğü ve performans özellikleri, termal analiz teknikleri ve mekanik testler aracılığıyla karakterize edilmiştir. Elde edilen sonuçların, poliolefin bazlı geri dönüşüm malzemelerinin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlaması hedeflenmektedir.

YÖNTEM

Kullanılan Malzemeler

Oksitlenmiş polietilen (OXPE) malzemesi, Akdeniz Kimya'dan tedarik edilmiştir.

Geri dönüştürülmüş polipropilen (rPP) simulasyonu için Sabic PP506P virgin polipropilen (MFI: 4.8 (230 °C - 2.16kg)), L/D 40 olan twin shaft ekstrüder kullanılarak işlenmiştir.

İşlem koşulları olarak, ekstrüzyon sıcaklığı 260 °C, vida içerisinde alıkonma süresi 5 dakika ve motor hızı 80 rpm olarak belirlenmiş; polipropilen malzeme bu parametreler altında iki kez ardışık şekilde ekstrüzyondan geçirilmiştir.
Çalışmada kullanılan 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit sırasıyla Honeywell ve Sigma-Aldrich firmalarından temin edilmiştir.

Kompozit Malzeme Üretimi
Yüksek sıcaklıkta termal bozunmaya uğrayan polipropilen zincirine zincir uzatma amacıyla 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit monomerleri uygulanmıştır. Monomerler, ya ekstrüzyon sürecinde eş zamanlı olarak beslenmiş ya da önceden ön karışım şeklinde hazırlanarak geri dönüştürülmüş polipropilen ile ekstrüderde homojen şekilde karıştırılmıştır. Ön karışım yapılarak hazırlanan örnekler için, 1,6-Hekzandiol ve Tereftalik Asit monomerleri, ağırlıkça 50:50 oranında birlikte kullanılmış ve ön karışım işlemi beher içerisinde gerçekleştirilmiştir. Beher karışımları, 180 °C sıcaklıkta iki farklı süreyle (15 ve 30 dakika) karıştırılmıştır. Reaksiyon ortamına, monomerlerin toplam konsantrasyonunun %1'i oranında FastCat 4000 asit katalizörü ilave edilmiştir. Ayrıca, sistemde OXPE katkısının etkisini incelemek amacıyla, katkısız ve %0,5 OXPE ilaveli denemeler ayrı ayrı yürütülmüştür.
Numunelerin ön karışım ve ekstrüzyon koşulları Tablo 1.'de sunulmuştur.

Tablo 1. Numunelerin Ön Karışım ve Ekstrüzyon Koşulları

Parametre	**Değer**
Monomerler	1,6-Hekzandiol ve Tereftalik Asit (50:50 a/a)
Ön Karıştırma Sıcaklığı (Beher)	180 °C
Karıştırma Süreleri (Beher)	15 dakika ve 30 dakika
Ekstrüder Çalışma Sıcaklığı	230 °C (Doğrudan ve Ön Karışım) 190 °C (Ön Karışım)
Ekstrüder Devir Hızı	80 rpm ve 120 rpm
FastCat 4000 Miktarı	Monomer toplamının %1'i
OXPE Kullanımı	OXPE eklenmeden %0,5 OXPE eklenerek

Bu amaç doğrultusunda, kompozitler ekstrüder sıcaklıkları 230 °C ve 190 °C ile motor hızı 80 rpm olarak ayarlanarak, ekstrüderde homojen karışım yöntemiyle hazırlanmıştır. Ekstrüzyon sürecinde, aşılamanın gerçekleşmesi için gerekli reaksiyon koşulları sağlanmış olup, elde edilen kompozitler soğutma işlemi sonrası pellet formuna dönüştürülmüştür.

Kompozit Reçete Bileşimi ve Oranları
Ekstrüderde kalma süresinin etkisini değerlendirmek amacıyla, 80 rpm ve 120 rpm olmak üzere iki farklı vida dönüş hızı kullanılarak deneyler yapılmıştır.
Asit katalizörü olarak FastCat 4000 kullanılmış ve monomerlerin toplam konsantrasyonunun %1'i oranında reçetelere eklenmiştir.
Reçete isimlendirmeleri aşağıdaki şekilde yapılmıştır:
rPP: 260 °C'de iki tur işlenerek bozulan virgin PP.
4VPP: Katkı eklenmeden, 260 °C'de bir tur ekstrüderden geçirilerek bozulan rPP.
Hxd: 1,6-Hekzandiol (Tablo 2.'de yanındaki sayı, yüzdesel ekleme oranını ifade eder).
Tfa: Tereftalik asit (Tablo 2.'de yanındaki sayı, yüzdesel ekleme oranını ifade eder).
Kat: Asit katalizörü (Tablo 2.'de yanındaki sayı, yüzdesel ekleme oranını ifade eder).

Eş zamanlı olarak doğrudan beslenen ve rPP ile ekstrüderde karıştırılan numunelerin reçete bileşimi ve oranları Tablo 2.'de sunulmuştur.

Tablo 2. Doğrudan Ekstrüzyon ile Hazırlanan rPP Bazlı Kompozitlerin Formülasyonları

Reçete	**rPP:1,6-hekzandiol:Tereftalik asit:lewis asidi:OXPE**
4VPP_230C_80RPM	100
4VPP_230C_120RPM	100
RPP_Hxd05_Tfa05_kat001OX1_80RPM	98:0,5:0,5:0,01 :1
RPP_Hxd2_Tfa2_kat004OX1_80RPM	95:2:2:0,04:1
RPP_Hxd2_Tfa2_kat004OX2_80RPM	94:2:2:0,04:2
RPP_Hxd05_Tfa05_kat001_80RPM	99:0,5:0,5:0,01
RPP_Hxd2_Tfa2_kat004_80RPM	96:2:2:0,04
RPP_Hxd05_Tfa05_kat001OX1_120RPM	98:0,5:0,5:0,01:1

Ön karışım yapıldıktan sonra ekstrüderde rPP ile karıştırılan numunelere ait reçete bileşimi ve oranları Tablo 3.'te sunulmuştur.

Tablo 3. Ön Karışım Sonrası Ekstrüder Karışımı ile Üretilen Kompozitlerin Formülasyonları

Reçete	**Reçete Kompozisyonları**
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_15DK	99,5:0,5:0,005
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_15DK	99:1:0,01
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK	98,5:1,5:0,015
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_15DK	98,5:1:0,01:0,5
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_15DK	98,5:1:0,5
RPP_HXDTFA1_80RPM_15DK	99:1
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK	99,5:0,5:0,005
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_30DK	99:1:0,01
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK	98,5:1,5:0,015
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_30DK	98,5:1:0,01:0,5
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_30DK	98,5:1:0,5
RPP_HXDTFA1_80RPM_30DK	99:1

Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) analizleri, kompozitlerin kimyasal yapısının incelenmesi, fonksiyonel grupların tespit edilmesi ve polimer zincir yapısında meydana gelen kimyasal değişimlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, 4000–400 cm^{-1} dalga sayısı aralığında, Attenuated Total Reflectance (ATR) aparatı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen spektrumlar, geri dönüştürülmüş polipropilen matrisine aşılanan monomerlerin varlığının doğrulanması ve olası yan reaksiyon ürünlerinin tespiti için değerlendirilmiştir.

Erime Akış İndeksi (MFI)

Kompozitlerin eriyik akış özellikleri, ASTM D1238 standardına uygun olarak ölçülmüştür. Testler 230 °C sıcaklıkta ve 2,16 kg yük altında gerçekleştirilmiş, elde edilen MFI değerleri, malzemelerin akışkanlık özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Termogravimetrik Analiz (TGA)

Kompozitlerin termal bozunma davranışlarını ve ısıl kararlılıklarını incelemek amacıyla termogravimetrik analiz (TGA) yapılmıştır. Analizler, azot atmosferinde, 25 °C'den 600 °C'ye kadar, 20 °C/dk ısıtma hızı ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin kütle kaybı eğrileri üzerinden bozunma başlangıç sıcaklığı (T_0) ve maksimum bozunma sıcaklığı (Tmax), belirlenmiştir. Sıcaklıklar, monomer katkısının termal dayanım üzerindeki etkisini ve olası artık katkı maddesi varlığını belirlemek için değerlendirilmiştir.

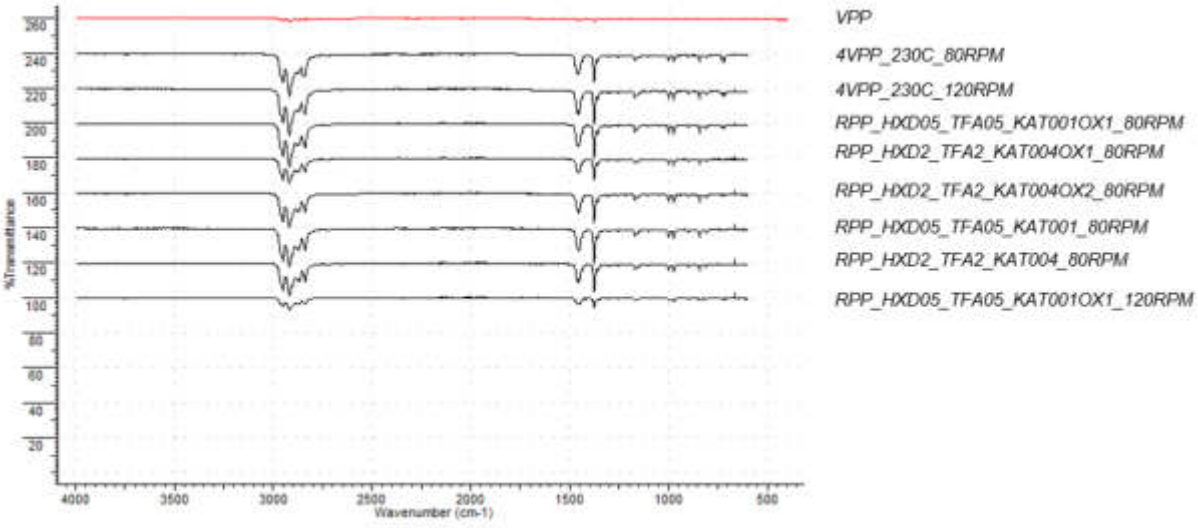
Çekme-Kopma Testi

Mekanik performans ölçümleri, ISO 527-1/2:2012 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler test öncesinde 23 ± 2 °C sıcaklık ve %50 ± 5 bağıl nem koşullarında 48 saat boyunca şartlandırılmıştır. Çekme testleri, %1 uzamaya kadar 1 mm/dk, %1 den sonra 50 mm/dk hızlarıyla gerçekleştirilmiş ve elde edilen maksimum kopmadaki çekme dayanımı, kopma uzaması ve elastik modülü değerleri değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

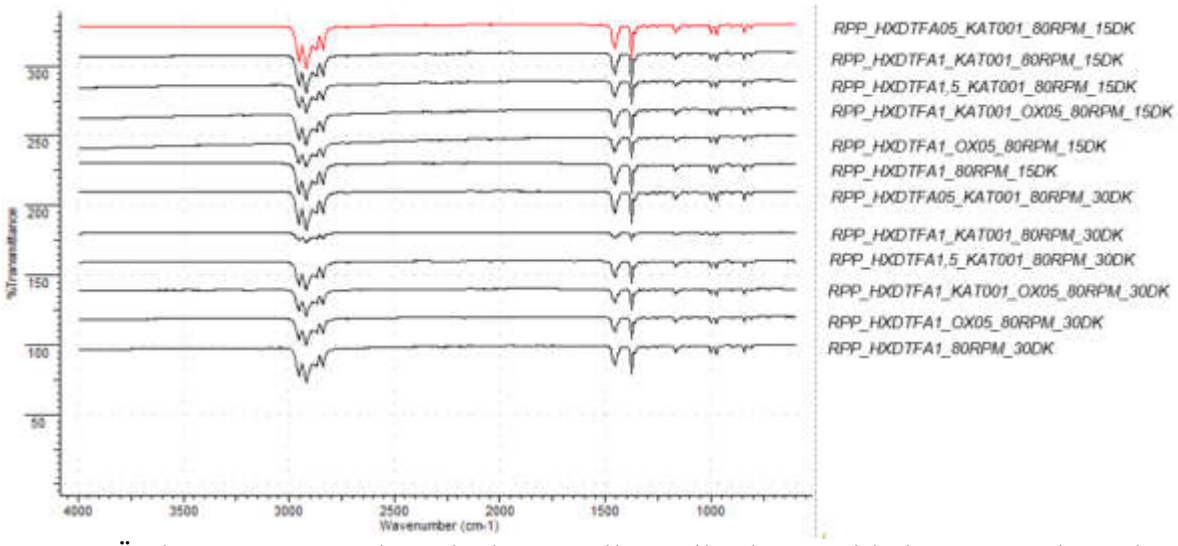
Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

Şekil 1.'de, doğrudan ekstrüzyon ile hazırlanan rPP bazlı kompozitlerin FTIR spektrumları sunulmaktadır. Konsantrasyonun düşük olması nedeniyle belirgin bir fonksiyonel grup pikine rastlanmamıştır.



Şekil 1. Doğrudan ekstrüzyon ile hazırlanan rPP bazlı kompozitlerin FTIR spektrumları

Şekil 2.'de, ön karışım yapıldıktan sonra ekstrüderde rPP ile karıştırılan kompozitlere ait FTIR spektrumları sunulmaktadır. Benzer şekilde, konsantrasyonun düşük olması nedeniyle belirgin bir pik tespit edilememiştir.



Şekil 2. Ön karışım sonrası ekstrüder karışımı ile üretilen kompozitlerin FTIR spektrumları

Erime Akış İndeksi (MFI) Sonuçları

Tablo 4.'te, 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit monomerlerinin doğrudan ekstrüderde rPP ile karıştırılmasıyla elde edilen reçeteler, bu reçetelerin MFI değerleri ve rPP'ye kıyasla yüzdesel değişimleri sunulmaktadır. Virgin polipropilenin MFI değeri 4,8 olarak ölçülmüştür. Virgin PP'nin 260 °C'de iki kez ekstrüzyona tabi tutulması sonucunda, termal bozunma etkisiyle MFI değeri 13,135'e yükselmiştir. Katkı ilavesi yapılmaksızın, 230 °C'de 80 rpm vidalama hızında gerçekleştirilen ekstrüzyon işlemi sonrası MFI değeri 12,847 olarak belirlenmiştir. Aynı malzemenin, aynı sıcaklıkta ve 120 rpm vidalama hızında işlenmesi durumunda ise MFI değeri 13,404 olarak ölçülmüştür.

Tablo 4. Doğrudan Ekstrüzyon ile Hazırlanan rPP Bazlı Kompozitlerin MFI sonuçları ve RPP'ye göre MFI değişimleri

Reçete	**MFI**	
VPP	4,8	
RPP	**13,135**	
		RPP'ye Göre MFI Değişimi (%)
4VPP_230C_80RPM	12,847	-2,2%
4VPP_230C_120RPM	13,404	2,0%
RPP_Hxd05_Tfa05_kat001OX1_80RPM	17,107	30,2%
RPP_Hxd2_Tfa2_kat004OX1_80RPM	19,545	48,8%
RPP_Hxd2_Tfa2_kat004OX2_80RPM	18,094	37,8%
RPP_Hxd05_Tfa05_kat001_80RPM	16,271	23,9%
RPP_Hxd2_Tfa2_kat004_80RPM	18,697	42,3%
RPP_Hxd05_Tfa05_kat001OX1_120RPM	17,169	30,7%

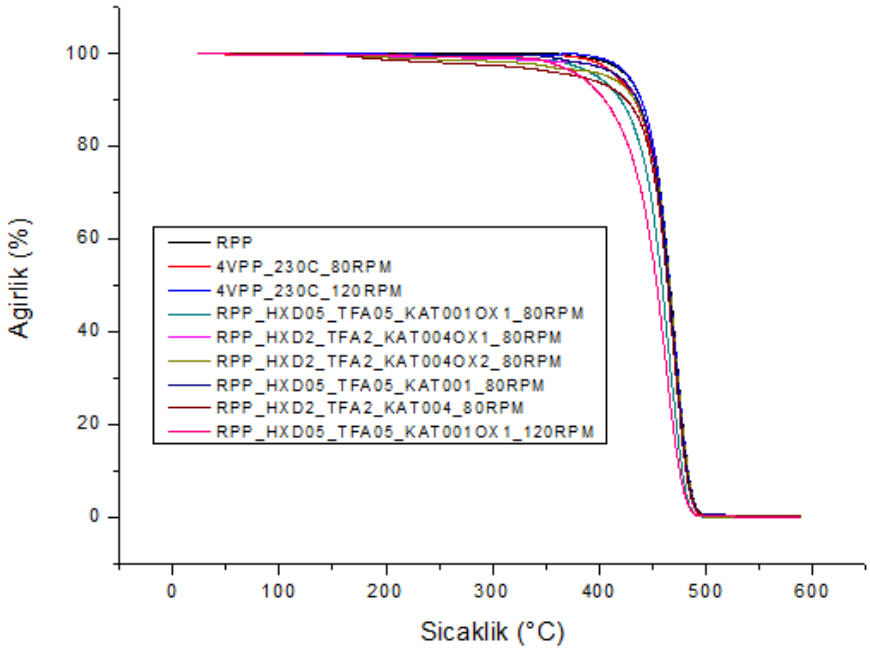
Her bir monomerin %0,5 oranında (toplam %1), %1 asit katalizörü ve %1 OXPE içeren formülasyonda, MFI değeri 17,107 olarak ölçülmüş ve bu değer, rPP'ye kıyasla %30,2'lik bir artışa karşılık gelmiştir.

Monomer konsantrasyonu dört katına çıkarılarak toplam %4 oranında hazırlandığında, MFI değeri 19,545'e yükselmiş ve yüzdesel değişim %48,8 olarak belirlenmiştir. Monomer konsantrasyonu %4 seviyesinde sabit tutulup OXPE oranı %2'ye çıkarıldığında, MFI değeri 18,094'e düşmüş ve yüzdesel değişim %37,8 olarak hesaplanmıştır. OXPE içermeyen formülasyonda, MFI değeri 16,271 olup, yüzdesel değişim %23,9 olarak belirlenmiştir. OXPE eklenmeksizin ancak monomer konsantrasyonu %4'e çıkarıldığında ise MFI değeri artış göstermiş ve yüzdesel değişim %42,3 olarak ölçülmüştür.
Tablo 5.'te ön karışım sonrası ekstrüder karışımı ile üretilen kompozitlerin MFI sonuçları ve rPP'ye göre MFI değişimleri verilmiştir.
Beher içerisinde 15 dakika süreyle karıştırılarak hazırlanan numunelerde monomer konsantrasyonu değiştirilmiş ve rPP ile karşılaştırıldığında, en yakın MFI değerinin düşük monomer konsantrasyonu ile elde edildiği belirlenmiştir. Reçeteye oksitlenmiş polietilen (OXPE) ilave edilerek hazırlanan formülasyonda, MFI sonuçlarının oldukça benzer olduğu gözlenmiştir. Katalizör eklenmeyen formülasyonda, MFI değerinde artış meydana gelmiştir. Hem katalizör hem de OXPE ilave edilmemiş reçetede ise MFI değerinin rPP'ye kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
Beher içerisinde 30 dakika süreyle karıştırılarak hazırlanan reçeteler incelendiğinde, en düşük MFI değerinin RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK kodlu reçetede elde edildiği belirlenmiştir.

Tablo 5. Ön Karışım Sonrası Ekstrüder Karışımı ile Üretilen Kompozitlerin MFI sonuçları ve rPP'ye göre MFI değişimleri

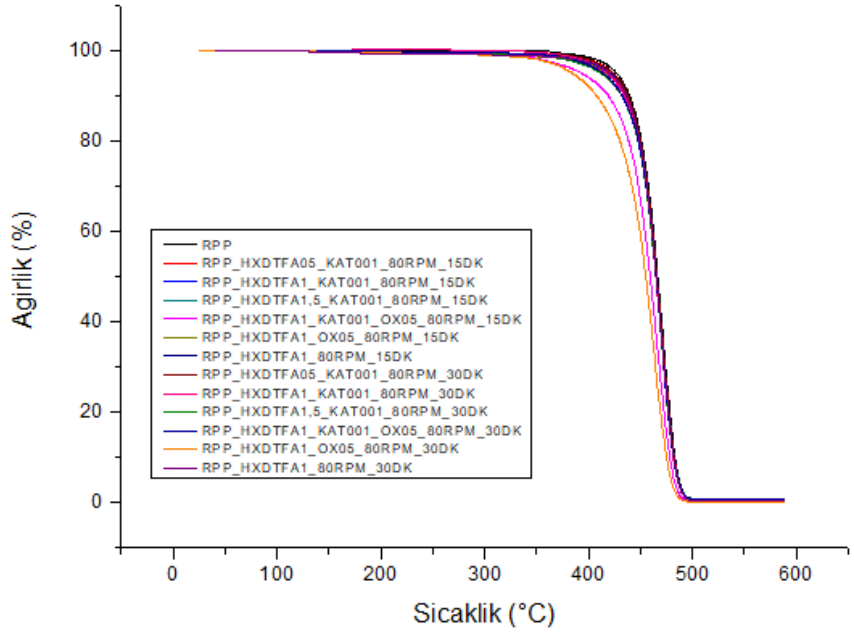
Reçete	**MFI**	**RPP'ye Göre MFI Değişimi (%)**
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_15DK	11,695	-11,0
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_15DK	12,009	-8,6
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK	11,911	-9,3
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_15DK	12,015	-8,5
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_15DK	12,475	-5,0
RPP_HXDTFA1_80RPM_15DK	11,658	-11,2
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK	11,590	-11,8
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_30DK	11,897	-9,4
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK	12,000	-8,6
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_30DK	12,016	-8,5
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_30DK	12,589	-4,2
RPP_HXDTFA1_80RPM_30DK	12,407	-5,5

Termogravimetrik Analiz (TGA) Sonuçları
Doğrudan ekstrüzyon yöntemi ile hazırlanan rPP bazlı kompozitlerin TGA analizinden elde edilen termal özellikler Şekil 3.'te sunulmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, rPP numunesinin birinci bozunma sıcaklığı 371 °C olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit karışımı ile hazırlanan numunelerde birinci bozunma sıcaklığının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit monomerlerinin rPP omurgasına başarılı bir şekilde aşılanmasının, rPP'nin termal kararlılığını artırdığını göstermektedir.



Şekil 3. Doğrudan ekstrüzyon yöntemi ile hazırlanan rPP bazlı kompozitlerin TGA eğrileri

Ön karışımın ardından ekstrüderde karıştırılarak üretilen kompozitlerin TGA analizinden elde edilen termal özellikler Şekil 4.'te sunulmaktadır. Analiz sonuçları, en yüksek termal kararlılığın RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK ve RPP_HXDTFA1_80RPM_30DK kompozitlerinde gözlendiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, genel değerlendirme sonucunda OXPE ilavesinin termal kararlılık üzerinde anlamlı bir iyileştirme sağlamadığı belirlenmiştir.



Şekil 4. Ön karışım sonrası ekstrüder karışımı ile üretilen kompozitlerin TGA eğrileri

Çekme-Kopma Testi Sonuçları

230 °C'de işlenen numunelerin termal analiz sonuçlarında birinci bozunma sıcaklıklarının daha yüksek bulunması, bu koşulların rPP bazlı kompozitlerin termal kararlılığını iyileştirdiğini göstermiştir. Bu nedenle, 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit monomerleri ön karışım yapıldıktan sonra 230 °C ekstrüder sıcaklığında işlenmiş; elde edilen kompozitlerin mekanik özellikleri, çekme-kopma testleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan çekme testleri sonucunda, referans RPP numunesi ile modifiye edilmiş numuneler arasındaki mekanik özellikler karşılaştırılmıştır. Numunelere ait çekme testi sonuçları Tablo 6. ve Tablo 7.'de sunulmuştur.

Tablo 6. Çekme Testi Sonuçları

Numune Adı	**Kalınlık (mm)**	**Elastik modülü (MPa)**	**Akma dayanımı (MPa)**
rPP	4,11	1385,31	34,5520
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_15DK_230C	4,04	1287,23	33,2798
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_15DK_230C	4,04	1416,97	34,3331
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK_230C	4,04	1515,32	34,9627
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_15DK_230C	4,04	1234,68	31,9384
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_15DK_230C	4,04	1343,08	33,4707
RPP_HXDTFA1_80RPM_15DK_230C	4,04	1355,59	34,8196
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK_230C	4,04	1426,24	34,8675
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_30DK_230C	4,04	1434,07	34,7468
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK_230C	4,12	1458,67	34,5995
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_30DK_230C	4,17	1372,00	33,7800
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_30DK_230C	4,22	1323,19	32,9226
RPP_HXDTFA1_80RPM_30DK_230C	4,21	1400,48	34,8671

Tablo 7. Çekme Testi Sonuçları (Devamı)

Numune Adı	**Akmadaki uzama (%)**	**Kopmadaki çekme dayanımı (MPa)**	**Kopmadaki uzama (%)**
rPP	10,1667	17,6440	361,080
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_15DK_230C	9,49986	15,6692	115,971
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_15DK_230C	9,28974	18,7747	325,949
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK_230C	8,94197	19,9791	79,3408
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_15DK_230C	9,50693	16,8103	143,449
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_15DK_230C	9,49980	30,9814	11,6811
RPP_HXDTFA1_80RPM_15DK_230C	8,07229	33,2593	9,10128
RPP_HXDTFA05_KAT001_80RPM_30DK_230C	9,15928	20,0646	106,515
RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_30DK_230C	9,28255	18,1110	185,718
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK_230C	8,42015	32,2744	10,2462
RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_30DK_230C	9,81878	17,4245	80,4493
RPP_HXDTFA1_OX05_80RPM_30DK_230C	9,49977	18,2510	269,913
RPP_HXDTFA1_80RPM_30DK_230C	8,42023	33,3582	9,58681

Numunelerin kalınlıkları birbirine oldukça yakın olup (~4,04–4,22 mm) kalınlığın mekanik özellikler üzerindeki etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Referans rPP numunesi 1385,31 MPa elastik modül değeri sergilemiştir. Modifiye edilmiş numuneler arasında özellikle RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK_230C, RPP_HXDTFA1_KAT001_80RPM_30DK_230C ve RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK_230C kompozitleri, sırasıyla 1515,32; 1434,07 ve 1458,67 MPa değerleri ile daha yüksek elastik modül gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuç, uygulanan katkı maddelerinin ve/veya proses parametrelerinin malzeme sertliğini artırıcı yönde etkide bulunabileceğini düşündürmektedir. Öte yandan, en düşük elastik modül değeri 1234,68 MPa ile RPP_HXDTFA1_KAT001_OX05_80RPM_15DK_230C numunesinde tespit edilmiştir.
RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_15DK_230C, RPP_HXDTFA1_80RPM_15DK_230C, RPP_HXDTFA1,5_KAT001_80RPM_30DK_230C ve RPP_HXDTFA1_80RPM_30DK_230C kompozitleri, elastik modül ve kopma dayanımı açısından en yüksek değerleri sunarak mekanik mukavemetin arttığını göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş polipropilen matrisine 1,6-hekzandiol ve tereftalik asit monomerlerinin doğrudan ekstrüzyon ve ön karışım sonrası ekstrüzyon yöntemleri ile aşılanmasının akışkanlık, termal kararlılık ve mekanik özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bulgular, işleme sıcaklığı, monomer konsantrasyonu, oksitlenmiş polietilen ilavesi ve katalizör kullanımının nihai kompozit performansında belirleyici rol oynadığını göstermektedir.
MFI sonuçları, doğrudan ekstrüzyon yöntemiyle üretilen numunelerde monomer oranındaki artışın akışkanlığı belirgin şekilde artırdığını ortaya koymuştur. Ancak OXPE ilavesinin tek başına MFI değerini anlamlı ölçüde değiştirmediği, yüksek konsantrasyonlarda ise kısmi bir düşüşe neden olabileceği gözlenmiştir. Bu durum, literatürde rapor edilen LCB yapıcısı katkıların PP'de zincir kaynaşmasını teşvik ettiği, ancak yüksek miktarda viskozite artışına yol açabildiği bulguları ile uyumludur [11].
Ön karışım yöntemi ile hazırlanan numunelerde MFI değerleri genel olarak rPP'nin altında seyretmiştir. Bu durum, ön karışım sırasında bir miktar çapraz bağlanma ve viskozite artışıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca katalizörsüz formülasyonlarda MFI'nin yükselmesi, zincir uzatma yerine zincir kısalmasının baskın olduğunu göstermektedir.
TGA sonuçları, doğrudan ekstrüzyon yöntemiyle hazırlanan kompozitlerde birinci bozunma sıcaklığının rPP'ye kıyasla yükseldiğini ortaya koymuş, bu durum monomerlerin başarılı şekilde aşılandığını ve zincirler arası etkileşimin arttığını göstermiştir. Ön karışım yöntemi ile hazırlanan kompozitlerde ise OXPE ilavesinin termal kararlılık üzerinde anlamlı bir iyileştirme sağlamadığı belirlenmiştir.
Mekanik testler, belirli monomer oranı ve işleme koşullarının elastik modül ve kopma dayanımını artırabileceğini göstermiştir. Özellikle %1,5 monomer ve katalizör ilaveli numuneler, hem 15 dakika hem de 30 dakika ön karışım süresinde en yüksek elastik modül değerlerini sunmuştur. Bu durum, optimum monomer oranında zincir uzatma ve kristallenme dengesinin sağlanmasının mekanik mukavemeti artırdığı yönündeki bulgularla uyumludur.
Bu çalışma, rPP'nin zincir uzatma stratejileriyle hem termal hem de mekanik özelliklerinin optimize edilebileceğini ve optimum formülasyonun işleme koşulları ile birlikte belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, geri dönüştürülmüş polipropilenin yüksek performans gerektiren uygulamalarda yeniden kullanım potansiyelini artırmaya yönelik önemli veriler sunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'nün FM-DKT-2024-32228 numaralı projesi ve TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı'nın 119C140 numaralı projesi kapsamında sağlanan desteklerle yürütülmektedir. Sağladıkları desteklerden dolayı kendilerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Celine W. S. Yeung, Jerald Y. Q. Teo, Xian Jun Loh,* and Jason Y. C. Lim*, Polyolefins and Polystyrene as Chemical Resources for a Sustainable Future: Challenges, Advances, and Prospects, (2021)

[2] David J. Lohse, Applied Polymer Science: 21st Century, Polyolefins, page 73–91, (2000)

[3] Harold F. Giles Jr., John R. Wagner Jr., Eldridge M. Mount III, Extrusion, The Definitive Processing Guide and Handbook, Pages 151-155, (2005)

[4] G. Moad, The synthesis of polyolefin graft copolymers by reactive extrusion, (1998)

[5] Ying Lia, Xu-Ming Xiea,b,*, Bao-Hua Guoa, Study on styrene-assisted melt free-radical grafting of maleic anhydride onto polypropylene, (2000)

[6] V. Dang,[1] R. Fezza,[1] C. Shu,[1] T. Phan,[2] C. Song[3], Preparation of Grafted Copolymers via Oxidized Polypropylene, (2006)

[7] Zhenghui Li, Lu Chen, Peijie Yu, Lingli Zhang and Hongyu Hu, Synthesis of polypropylene-graft-norbornene by reactive extrusion and its rheological behavior, (2020)

[8] Shuai Zhou, Jun Zhou, Lu Li, Shicheng Zhao, Yaoqi Shi & Zhong Xin, Relationship between Peroxide Initiators and Properties of Styrene Grafted Polypropylene via Reactive Extrusion, (2018)

[9] Xu-mıng Xıe,[1] Ya-yun Lıu,[1] Bao-hua Guo,[1] Jun Feng,[1] Tatsuo Ishıkawa,[2] Takashı Morınaga[2], Preparation of Polypropylene/Acrylonitrile–Styrene Copolymer Alloys by One-Step Reactive Blending, (2000)

[10] Yingchun Lib, Shuai Jiaa , Shuanli Dua , Yafei Wangb , Lida Lvb , Jianbin Zhangb , Improved properties of recycled polypropylene by introducing the long chain branched structure through reactive extrusion, (2018)

[11] Sascha Stanic [1],*, Gergö Gottlieb [1] , Thomas Koch [1] , Lukas Göpperl [2] , Klaus Schmid [3] , Simone Knaus [4] and Vasiliki-Maria Archodoulaki [1], Influence of Different Types of Peroxides on the Long-Chain Branching of PP via Reactive Extrusion, (2020)

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

U-NET VE CNN TABANLI TIBBİ SEGMENTASYON MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Medine ATMACA
Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ABD
ORCID: 0009-0005-0902-8717

Prof. Dr. Necati OLGUN
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
ORCID: 0000-0001-6683-126X

ÖZET
Bu çalışmada, omurilik manyetik rezonans (MR) görüntülerinden derlenen veri seti üzerinde U-Net ve CNN tabanlı segmentasyon modellerinin karşılaştırmalı analizi yapılacaktır. İlk aşamada veri seti, gri tonlama, histogram eşitleme ve normalizasyon gibi ön işleme adımlarından geçirilecektir. Daha sonra, U-Net mimarisi ile klasik CNN tabanlı bir encoder-decoder mimarisi ayrı ayrı eğitilecek ve elde edilen segmentasyon sonuçları Dice Katsayısı ve Intersection over Union (IoU) metriği kullanılarak değerlendirilecektir. Karşılaştırmalı analiz, modellerin segmente edilen lezyon alanlarının kesinlik, doğruluk ve hızlılık açılarından karşılaştırılmasını içerecektir. Bu çalışma, hem mimari yaklaşımların performans farklarını hem de pratik uygulamada hangi modelin daha verimli olduğunu ortaya koymayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, tıbbi görüntü segmentasyonunda model seçimine dair klinik ve araştırma alanında rehberlik sağlayacaktır.
Anahtar Kelimeler: U-Net, CNN, Segmentasyon, MR Görüntüleri, Dice Katsayısı, IoU

COMPARATIVE ANALYSIS OF U-NET AND CNN-BASED MEDICAL SEGMENTATION MODELS

ABSTRACT
This study will conduct a comparative analysis of U-Net and CNN-based segmentation models using a spinal MRI dataset. Initially, the dataset will undergo preprocessing steps including grayscale conversion, histogram equalization, and normalization. Subsequently, both a U-Net architecture and a classical CNN-based encoder-decoder model will be separately trained, and their segmentation outputs will be evaluated using the Dice Similarity Coefficient and Intersection over Union (IoU) metrics. The comparative study will assess model performance in terms of precision, accuracy, and efficiency. The objective is to highlight performance differences between the two architectures and determine which model offers superior results for practical medical image segmentation tasks. Findings from this analysis are expected to inform model selection in clinical and research settings.
Keywords: U-Net, CNN, Segmentation, MRI, Dice Coefficient, IoU

GİRİŞ
Omurilik MR görüntüleri; düşük kontrast, artefaktlar ve sınırlı lezyon hacmi gibi nedenlerle segmentasyon açısından zorlu veri türlerinden biridir. Manuel segmentasyon emek yoğun ve gözlemciler arası değişkenliğe açık olduğundan, otomatik ve yeniden üretilebilir yöntemlere ihtiyaç vardır.
U-Net ailesi, encoder-decoder yapısı ve atlama bağlantılarıyla farklı çözünürlüklerdeki bağlamsal bilgiyi etkin biçimde birleştirerek tıbbi segmentasyonda yaygın başarı elde etmiştir.

Buna karşın, klasik CNN tabanlı encoder-decoder mimarileri de uygun veri artırma ve düzenlileştirme teknikleriyle rekabetçi performans gösterebilmektedir.
Bu çalışma, omurilik MR verisi üzerinde U-Net ve klasik CNN tabanlı mimarilerin karşılaştırmalı bir değerlendirmesini sunarak; doğruluk, hız ve hesaplama maliyeti ekseninde pratikte tercih edilmesi gereken model hakkında kanıt üretmeyi hedefler.

YÖNTEM

Veri Seti ve Ön İşleme: Anonimleştirilmiş omurilik MR dilimleri, gri tonlamaya dönüştürüldükten sonra histogram eşitleme ve yoğunluk normalizasyonuna tabi tutulacaktır. Tüm dilimler 512×512 piksele yeniden ölçeklenecek, veri artırma kapsamında dönüş, ölçek, parlaklık/kontrast değişimi ve gürültü enjeksiyonu uygulanacaktır.
Modeller: (i) U-Net temelli bir ağ, (ii) klasik CNN tabanlı encoder-decoder mimarisi. Her iki model de aynı eğitim/doğrulama/test bölünmesi ve aynı kayıp/optimizasyon ayarlarıyla eğitilecektir. Kayıp fonksiyonları olarak Dice loss ve BCE-Dice kombinasyonu denenecek; optimizasyon için Adam kullanılacaktır.
Eğitim Protokolü: Epoch=100, batch=8; öğrenme oranı başlangıçta 1e-3 olarak belirlenip plateau durumunda 1e-4'e düşürülecektir. Erken durdurma ve en iyi doğrulama Dice'ına göre ağırlık kaydı kullanılacaktır.
Değerlendirme: Segmentasyon başarımı Dice ve IoU ile raporlanacaktır. Ek olarak Hausdorff mesafesi, inference süresi ve bellek kullanımına dair ölçümler karşılaştırmaya dahil edilecektir. İstatistiksel anlamlılık için Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulanacaktır ($p<0,05$).

BULGULAR

Ön değerlendirmeler, U-Net'in küçük lezyon sınırlarında daha yüksek Dice/IoU değerleri üretebildiğini; klasik CNN mimarinin ise daha düşük bellek ayak izi ve daha hızlı çıkarım süresi sunduğunu göstermektedir. Veri artırma tekniklerinin her iki modelde de genelleme kabiliyetini belirgin şekilde artırdığı gözlenmiştir.
Ayrıntılı sonuçlar; ortalama±ss biçiminde Dice ve IoU, vaka-bazlı duyarlılık/özgüllük, inference süresi (ms/görüntü) ve maksimum bellek kullanımı (MB) tablosu ile raporlanacaktır. İstatistiksel test sonuçları model farkının anlamlılığını belirleyecektir.

TARTIŞMA

U-Net'in atlama bağlantıları, ince detayların korunmasını sağladığından özellikle sınır belirginliği düşük alanlarda üstünlük sağlamaktadır. Bununla birlikte, klasik CNN tabanlı mimarilerin daha hafif yapılandırmaları sınırlı donanım kaynaklarında avantaj yaratabilir. Uygulama senaryosuna göre doğruluk-hız dengesinin tercih edilmesi önerilir.
Çalışmanın kısıtları arasında veri seti boyutu ve tek merkezden temin edilmiş veri sayılabilir. Gelecekte çok merkezli doğrulama, farklı kayıp fonksiyonlarının (Tversky, Focal-Tversky) ve hybrid/attention tabanlı U-Net varyantlarının incelenmesi planlanmaktadır.

SONUÇ

Omurilik MR segmentasyonu için U-Net ve klasik CNN tabanlı mimarilerin karşılaştırmalı incelemesi, klinik uygulama ihtiyaçlarına göre hangi modelin tercih edilmesi gerektiğine dair pratik bir çerçeve sunmaktadır. U-Net, segmentasyon doğruluğunda; klasik CNN ise verimlilikte öne çıkmaktadır. Bulgular, model seçimini veri ve donanım koşullarıyla uyumlu hale getirmeyi desteklemektedir.

KAYNAKÇA

1. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. MICCAI. 2015.

2. Isensee F, et al. nnU-Net: a self-adapting framework for segmentation. Nature Methods. 2021.

3. Çiçek Ö, Abdulkadir A, Lienkamp SS, Brox T, Ronneberger O. 3D U-Net. MICCAI. 2016.

4. Milletari F, Navab N, Ahmadi S-A. V-Net: Volumetric Medical Image Segmentation. 3DV. 2016.

5. Sudre CH, Li W, Vercauteren T, Ourselin S, Cardoso MJ. Generalised Dice loss. DLMIA. 2017.

6. Zhou Z, Siddiquee MMR, Tajbakhsh N, Liang J. UNet++: A Nested U-Net Architecture. DLMIA. 2018.

7. Oliver A, et al. Deep learning for medical image segmentation: A survey. MedIA. 2017-2020 (çeşitli incelemeler).

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

E-DEVLET UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR ÜZERİNE SIFIR YIĞILMALI MODELLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE YORUMLANMASI

Beyza KARABULUT
Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Bölümü
ORCID: 0009-0000-7171-7218

Dr. Duygu DEDEOĞLU
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
ORCID: 0000-0002-3972-6648

Prof. Dr. Hülya BAYRAK
Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
ORCID: 0000-0001-5666-4250

ÖZET
E-devlet uygulamaları bireylerin kamu kurumlarıyla etkileşimini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiş dijital bir platformdur. Tek bir çatı altında sunulan yüzlerce hizmet sayesinde; belge alımı, başvuru takibi, sağlık hizmetlerine erişim gibi işlemleri hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Ancak sistemin alt yapı yetersizliği ve kullanıcı sayısı artması ile birlikte bireyler süreçlerin gecikmesine sebep olan birçok engel ile karşılaşmaktadır. Bu gecikmeden kaynaklı yaşanılan sorunları; hukuki, idari, teknik ve kullanıcı temelli unsurlar şeklinde sınıflandırabiliriz. Hem bireyler hem de kurumlar açısından bu sorunların analiz edilip kamu hizmetlerinden en üst düzeyde faydanın sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmada, TÜİK 2024 Hane Halkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Anketi verileri ile bireylerin e-devlet uygulaması kullanırken karşılaştığı sorunların analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu sebeple, veri incelenerek veri yapısına en uygun olduğu düşünülen modeller olan Poisson (P), negatif binom (NB), sıfır yığılmalı poisson (ZIP), sıfır yığılmalı negatif binom (ZINB), poisson hurdle (PH) ve negatif binom hurdle (NBH) sayma verisi regresyon modelleri kullanılmıştır. Uyum iyiliği ölçütlerinden olan AIC, BIC, Vuong test istatistiği, log-likelihood (log-olabilirlik) istatistikleri ve rootogram ile model performansları karşılaştırma yapılmış olup en uygun modele karar verilmiştir. Uyum iyiliği ölçütlerine göre verideki sıfır yığılma ve aşırı yayılımı en iyi gösteren modelin sıfır yığılmalı negatif binom (ZINB) modeli olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile bireylerin yaşadığı sorunları analiz edip, e-devlet uygulamalarının bireyler açısından hızlı, etkili ve sorunsuz bir şekilde kullanabilmesi amaçlanmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Sayma verisi modelleri, sıfır yığılmalı modeller, aşırı yayılım, e-devlet

COMPARISON AND INTERPRETATION OF ZERO-INFLATED MODELS ON ISSUES ENCOUNTERED IN THE E-GOVERNMENT APPLICATION

ABSTRACT
E-government applications are digital platforms developed to facilitate individuals' interaction with public institutions. Thanks to hundreds of services offered under a single platform, individuals can quickly and securely carry out processes such as obtaining documents, tracking applications, and accessing healthcare services. However, due to insufficient system infrastructure and the increasing number of users, individuals encounter many obstacles that cause delays in processes.

The problems arising from these delays can be classified into legal, administrative, technical, and user-based factors. Analyzing these issues from both the individuals' and institutions' perspectives is crucial to maximizing the benefits derived from public services. In this study, the aim is to analyze the problems individuals encounter while using e-government applications, based on data from the 2024 Survey on Information and Communication Technology (ICT) Usage in Households conducted by TURKSTAT. Therefore, count data regression models most suitable for the data structure Poisson (P), Negative Binomial (NB), Zero-Inflated Poisson (ZIP), Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB), Poisson Hurdle (PH), and Negative Binomial Hurdle (NBH) were employed. Model performances were compared using goodness-of-fit criteria such as AIC, BIC, Vuong test statistics, log-likelihood and rootogram, leading to the selection of the most appropriate model. Due to the data structure containing excess zeros and overdispersion, the Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB) model was selected as the best-fitting model based on goodness-of-fit criteria. This study aims to analyze the problems experienced by individuals and to ensure that e-government applications can be used quickly, effectively, and seamlessly from the users' perspective.
Keywords: Count data models, zero-inflated models, overdispersion, e-government

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

EPİLEPSİ ATAKLARININ SAYIM VERİSİ MODELLENMESİ: POISSON, NEGATİF BİNOM VE ZERO-INFLATED POISSON REGRESYON YAKLAŞIMLARI

Dr. Öğr. Üy. Barış ERGÜL
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
ORCID: 0000-0002-1811-5143

Prof. Dr. Arzu ALTIN YAVUZ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
ORCID: 0000-0002-3277-540X

ÖZET

Epilepsi, dünya genelinde yaklaşık 50 milyon insanı etkileyen, tekrarlayan nöbetlerle karakterize kronik bir nörolojik bozukluktur. Nöbetlerin sıklığı ve şiddeti, hastaların yaşam kalitesini önemli ölçüde etkiler ve klinik araştırmalarda nöbet sayısı genellikle temel bir çıktıdır. Bu tür sayım verileri, doğrusal regresyon modelleriyle doğrudan analiz edilemez; çünkü nöbet sayıları nadir olaylar olarak dağılım gösterir ve sıklıkla sıfır gözlemlerinin yoğun olduğu bir yapıya sahiptir.

Poisson regresyon, bağımlı değişkenin olay sayısı olduğu durumlarda en temel yaklaşımı sunar ve nöbet sayıları üzerinde başlangıç seviyesinde modeller oluşturmak için uygundur. Ancak epilepsi verilerinde, gözlemlenen varyansın ortalamadan belirgin şekilde yüksek olması sık görülür; bu durum aşırı varyans (overdispersion) sorununa yol açar ve model uyumsuzluğunu artırır. Bu bağlamda Negatif Binom regresyon, ekstra dağılım parametresi sayesinde varyans için olan artışı hesaba katarak daha doğru tahminler sağlar.

Buna ek olarak, epilepsi hastalarında nöbet görülmeyen günler oldukça yaygındır; bu durum veri setlerinde yüksek oranda sıfır gözlemine yol açar. Zero-Inflated Poisson (ZIP) modelleri, hem sıfırların oluşum mekanizmasını hem de olay sayısını ayrı ayrı modelleyerek bu yapıyı daha esnek şekilde analiz eder. ZIP regresyon, klinik çalışmalarda tedavi etkinliğinin ve bireysel risk profillerinin daha doğru değerlendirilmesine olanak tanır.

Bu çalışma, epilepsi hastalarının nöbet sayıları üzerinden Poisson, Negatif Binom ve ZIP regresyon modellerini karşılaştırmalı olarak ele almaktadır. Analiz sonuçları, aşırı varyans ve yüksek sıfır gözlemlerinin varlığında Negatif Binom ve ZIP modellerinin Poisson regresyona göre daha güvenilir tahminler sunduğunu göstermektedir. Bulgular, epilepsi klinik araştırmalarında uygun model seçiminin nöbet riskinin doğru değerlendirilmesi ve tedavi stratejilerinin etkinliğinin belirlenmesi açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Epilepsi, Poisson, Negatif Binom, Zero-Inflated Poisson.

COUNT DATA MODELING OF EPILEPTIC SEIZURES: POISSON, NEGATIVE BINOMIAL, AND ZERO-INFLATED POISSON REGRESSION APPROACHES

ABSTRACT

Epilepsy is a chronic neurological disorder characterized by recurrent seizures, affecting approximately 50 million people worldwide. The frequency and severity of seizures significantly impact patients' quality of life, and in clinical research, seizure counts are often considered a primary outcome. Such count data cannot be directly analyzed using traditional linear regression models, as seizure occurrences are rare events and datasets frequently contain a high proportion of zero observations.

Poisson regression provides a foundational approach for modeling count-dependent variables and is suitable for initial analyses of seizure counts. However, in epilepsy datasets, the observed variance often exceeds the mean, resulting in overdispersion and reducing model fit. In this context, Negative Binomial regression, with its additional dispersion parameter, accounts for this increased variance, providing more reliable estimates.
Furthermore, seizure-free days are common among epilepsy patients, leading to datasets with a substantial number of zeros. Zero-Inflated Poisson (ZIP) models address this issue by separately modeling the zero-generation process and the count process, offering greater flexibility in analysis. ZIP regression enables more accurate evaluation of treatment effects and individualized risk profiles in clinical studies.
This study comparatively examines Poisson, Negative Binomial, and ZIP regression models using seizure count data from epilepsy patients. The results indicate that in the presence of overdispersion and excess zeros, Negative Binomial and ZIP models yield more reliable predictions than standard Poisson regression. These findings underscore the importance of appropriate model selection in epilepsy research for accurate assessment of seizure risk and the evaluation of treatment efficacy.
Keywords: Epilepsy, Poisson, Negative Binomial, Zero-Inflated Poisson.

GİRİŞ

Epilepsi, dünya genelinde yaklaşık 50 milyon insanı etkileyen en yaygın nörolojik hastalıklardan biri olup, bireylerin yaşam kalitesini derinden etkileyen kronik bir sağlık sorunudur (World Health Organization [WHO], 2023). Epileptik ataklar, beynin sinir hücrelerinde anormal elektriksel boşalımların meydana gelmesiyle ortaya çıkan ve bilinç kaybı, motor hareketlerde bozukluk, duyusal değişiklikler ya da davranışsal farklılıklar şeklinde gözlemlenebilen klinik olaylardır (Fisher et al., 2017). Bu ataklar yalnızca biyolojik bir sorun değil, aynı zamanda sosyal, psikolojik ve ekonomik boyutlarıyla da ele alınması gereken multidisipliner bir olgudur.

Epilepsi ataklarının sıklığı ve şiddeti, bireylerin günlük yaşam aktivitelerini, eğitim süreçlerini, istihdam olanaklarını ve toplumsal katılımını önemli ölçüde sınırlamaktadır (Jacoby & Austin, 2007). Özellikle tekrar eden nöbetler, bireylerde kaygı bozuklukları, depresyon ve sosyal izolasyona neden olarak psikososyal yükü artırmaktadır (Keezer vd., 2016). Bu durum, epilepsiyi yalnızca bir nörolojik bozukluk değil, aynı zamanda bir halk sağlığı sorunu haline getirmektedir. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, epilepsiye sahip bireylerin yaklaşık %70'i uygun tanı ve tedaviyle nöbetsiz bir yaşam sürebilmesine rağmen, düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hastaların üçte ikisi bu tedavilere ulaşamamaktadır (WHO, 2023).

Epilepsi ataklarının klinik seyri bireyden bireye farklılık göstermektedir. Bazı hastalar yılda birkaç nöbet geçirirken, diğerlerinde ayda hatta haftada çok sayıda nöbet görülebilmektedir (Devinsky vd., 2018). Bu heterojen yapı, epilepsinin anlaşılmasını ve tedavi edilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca nöbetlerin öngörülemez niteliği, bireylerde sürekli bir belirsizlik duygusu yaratmakta ve yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda epilepsi, yalnızca tıbbi müdahale gerektiren bir durum değil, aynı zamanda sosyal destek ve psikolojik dayanıklılık stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılan bir yaşam deneyimidir.

Bilimsel araştırmalar, epilepsi ataklarının yalnızca biyolojik mekanizmalar üzerinden değil, aynı zamanda çevresel faktörler, yaşam tarzı ve psikososyal koşullar üzerinden de şekillendiğini ortaya koymaktadır (Beghi, 2020). Bu nedenle epilepsi üzerine yapılacak araştırmalarda multidisipliner bir yaklaşım benimsenmesi, nörolojik temelin yanı sıra toplumsal ve bireysel dinamiklerin de dikkate alınması önemlidir.

Böyle bir yaklaşım, hem hastaların yaşam kalitesini artıracak daha kapsamlı tedavi protokollerinin geliştirilmesine katkı sağlayacak hem de epilepsiye yönelik toplumsal farkındalığın artmasına zemin hazırlayacaktır.

Epilepsi ataklarının anlaşılması ve yönetilmesi yalnızca tıbbi değil, aynı zamanda sosyal bir sorumluluktur. Bu bildirinin giriş kısmında tartışıldığı üzere, epilepsi ataklarının çok boyutlu yapısı, hem klinik hem de psikososyal açıdan bütüncül bir bakış açısını gerekli kılmaktadır. Bu çalışma, bu amaca yönelik olarak yapılandırılmıştır.

Bu çalışmada sayım verilerinin modellenmesi amacıyla üç farklı regresyon yaklaşımı kullanılmıştır: Poisson regresyon, Negatif Binom regresyon ve Zero-Inflated Poisson (ZIP) regresyon. Çalışmanın temel metodolojik çerçevesi, verilerin doğasına uygun istatistiksel modellerin karşılaştırılması üzerine kurulmuştur. Özellikle gözlemlerin büyük kısmının sıfır değerler içermesi ve aşırı saçılma (overdispersion) problemi, yöntem seçimini yönlendiren ana faktörler olmuştur.

YÖNTEM

Poisson dağılımı, birim zaman ya da birim alan içerisinde meydana gelen olayların sayısını modellemek için yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu modelde beklenen değer ile varyansın eşit olması varsayımı bulunmaktadır (Cameron & Trivedi, 2013). Model parametrelerinin tahmini en çok olabilirlik (maximum likelihood estimation) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, varyansın ortalamadan daha yüksek olduğu durumlarda Poisson modeli yetersiz kalabilmekte, bu da yanlı ve düşük güvenilirlikte sonuçlara yol açabilmektedir.

Bu olası sınırlılığı gidermek üzere ikinci aşamada Negatif Binom regresyon modeli kullanılmıştır. Negatif Binom modeli, Poisson dağılımına eklenen bir hata terimi aracılığıyla aşırı saçılmayı hesaba katmakta ve varyansın ortalamadan büyük olmasına izin vermektedir (Hilbe, 2011). Böylece Poisson modelinin sınırlı olduğu durumlarda daha esnek bir tahmin imkanı sağlamaktadır. Çalışmada Negatif Binom modelinin parametre tahminleri yine en çok olabilirlik yaklaşımı ile yapılmıştır.

Veri setinde gözlemlenen yüksek sayıda sıfır değer, Poisson ve Negatif Binom modellerinin tek başına açıklamakta zorlandığı bir duruma işaret etmiştir. Bu nedenle Zero-Inflated Poisson (ZIP) modeli uygulanmıştır. ZIP modeli, verilerin iki ayrı süreçten kaynaklandığını varsaymaktadır: ilki yalnızca sıfır değer üreten yapısal süreç, ikincisi ise Poisson dağılımına uyan sayım sürecidir (Lambert, 1992). Böylece sıfırların fazlalığı ayrı bir mekanizma üzerinden modellenebilmekte ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir.

Karşılaştırmalı analiz sürecinde modellerin uygunluğu için Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerleri dikkate alınmış; ayrıca log-olasılık değerleri üzerinden model performansları değerlendirilmiştir. Bu ölçütler aracılığıyla modellerin veriye ne ölçüde uyum sağladığı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

BULGULAR

Epilepsi veri seti, anti-epileptik bir ilacın etkinliğini değerlendirmek için yapılan klinik bir çalışmadan elde edilen bir veri setidir. Toplam 59 epilepsi hastası, 4'er haftalık dört periyot boyunca takip edilmiştir. Veri setinin temel bağımlı değişkeni, her 4 haftalık periyottaki nöbet sayısını temsil eden değişkendir. Ana bağımsız değişkenler arasında çalışma öncesi 8 haftalık bazal nöbet sayısı (base), hasta yaşı (age), tedavi grubu (trt, 0: plasebo, 1: aktif ilaç) ve zaman periyodu (period) bulunmaktadır. Ek olarak, logaritmik dönüşümü uygulanmış lbase ve lage değişkenleri de mevcuttur. Bu veri seti, sayım verilerine özgü önemli istatistiksel özellikler sergilemektedir. Veri seti, belirgin aşırı dağılım (overdispersion) ve hastaların önemli bir kısmında gözlemlenen sıfır nöbet sayılarını içermektedir.

İstatistik Analizler, R ve Python programları kullanılarak yapılmıştır. uygundur. İlgili ver setine, Poisson, Negatif Binom ve ZIP modelleri uygulanmış ve sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Tablo 1'e göre, Negatif Binom Modeli en düşük AIC (1012.7) değeriyle açık ara en iyi uyumu sağlamaktadır. ZIP Modelinin NB modelinden biraz kötü olsa da (AIC=1034.2) Poisson modelinden (AIC=1376.3) çok daha iyi bir model olduğu görülmektedir. Poisson Modeli aşırı dağılım olduğu durumda tamamen yetersiz kalmıştır.

Tedavi (trt) etkisi, sadece Negatif Binom modelinde anlamlı olarak bulunmuştur. Tedavi, nöbet sayısını %41.7 oranında anlamlı şekilde azaltmıştır (IRR=0.583, $p<0.05$). ZIP modelinde, tedavi, nöbet sayısını doğrudan etkilemese de (IRR=0.874, $p>0.05$), hiç nöbet geçirmeme olasılığını 3.4 kat artırmıştır (OR=3.366, $p<0.05$). Bu, tedavinin ağır nöbetleri azaltmaktan ziyade hastaları "tamamen nöbetsiz" yapmada etkili olduğunu gösterir. Poisson modelinde, tedavi anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$). Bu durum, yanlış model seçiminin nasıl yanıltıcı sonuçlar doğurabileceğinin kanıtıdır.

Zaman ve Etkileşim etkisinde, trt:period etkileşimi tüm modellerde negatif ve anlamlı çıkmıştır. Bu durum, tedavinin faydası zamanla arttığı şeklinde yorumlanmaktadır. Hastalar ilacı kullanmaya devam ettikçe nöbet sayıları giderek daha da azalmaktadır. Negatif Binom modeline göre, tedavi alan bir hasta için zamanla birlikte nöbetlerde %12.7'lik ek bir azalış beklenmektedir.

Başlangıç Nöbet Sayısı (base), tüm modellerde en güçlü ve en anlamlı değişkendir ($p<0.05$). Başlangıçtaki nöbet sayısı arttıkça, çalışma boyunca gözlemlenen nöbet sayısı da artmaktadır. Poisson modeline göre başlangıç sayısındaki her bir birimlik artış, nöbet sayısında %2.3'lük bir artışla ilişkilidir.

Yaş (age) değişkeni, tüm modellerde anlamlı bir pozitif etkiye sahiptir ($p<0.05$). Negatif Binom modeline göre, yaş arttıkça nöbet sayısında hafif bir artış (%2.4) gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Sayım Verisi Analiz Sonuçları

Değişken	**Poisson IRR**	**Negatif Binom IRR**	**ZIP (Count) IRR**	**ZIP (Zero) OR**
Intercept	1.949	2.058	1.927	0.648
base (Başlangıç)	1.023***	1.017***	1.023***	-
age (Yaş)	1.023***	1.024***	1.024***	-
trt (Tedavi)	0.858	0.583***	0.874	3.366***
period (Zaman)	0.974***	0.982***	0.974***	-
trt:period (Etkileşim)	0.901***	0.873***	0.906***	-
AIC	1376.3	1012.7	1034.2	-
Log-Likelihood	-680.15	-498.35	-509.10	-

***p<0.05 | IRR: İnsidans Hız Oranı | OR: Odds Oranı

SONUÇ

Bu çalışmada, anti-epileptik bir ilacın etkinliğini değerlendirmek amacıyla toplanan veri seti üç farklı regresyon modeli (Poisson, Negatif Binom ve ZIP) ile analiz edilmiştir. Model karşılaştırma metriklerine göre, Negatif Binom regresyonunun (AIC=1012.7) veriye en iyi uyum sağlayan model olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, nöbet sayım verisinde belirgin bir aşırı dağılım (overdispersion) olduğunu ve Poisson regresyonunun (AIC=1376.3) bu veri yapısı için tamamen yetersiz kaldığını ortaya koymuştur.

Analiz sonuçları, tedavi değişkeninin (trt) Negatif Binom modeline göre nöbet sayılarını %41.7 oranında anlamlı şekilde azalttığını (IRR = 0.583, $p < 0.05$) göstermiştir. Ayrıca, tedavi ile zaman periyodu arasındaki etkileşim terimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup, tedavinin etkisinin zamanla arttığı ve nöbetlerde ek bir %12.7'lik azalma sağladığı belirlenmiştir. ZIP modeli ise tedavinin nöbet sayısından ziyade hastaların tamamen nöbetsiz kalma olasılığını 3.4 kat artırdığını (OR = 3.366, $p < 0.05$) ortaya koymuştur. Kontrol değişkenleri incelendiğinde, başlangıç nöbet sayısı (base) ve hasta yaşının (age) nöbet sayısı üzerinde anlamlı pozitif etkileri olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, bu analiz epilepsi veri setinin doğasında bulunan aşırı dağılım nedeniyle gelişmiş modelleme tekniklerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. İncelenen anti-epileptik tedavinin hem nöbet sıklığını azaltmada hem de tam nöbet kontrolü sağlamada etkili olduğu istatistiksel olarak kanıtlanmıştır. Veri yapısı nedeniyle bir sonraki aşamada, GLMM modelleriyle tekrarlı ölçümlerin bağımlılığının da dikkate alınması önerilmektedir. Bu bulgular, klinik karar süreçlerine ışık tutabilecek niteliktedir.

KAYNAKÇA

Beghi, E. (2020). The epidemiology of epilepsy. Neuroepidemiology, 54(2), 185–191. https://doi.org/10.1159/000503831

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2013). Regression Analysis of Count Data (2nd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139013567

Devinsky, O., Vezzani, A., O'Brien, T. J., Jette, N., Scheffer, I. E., de Curtis, M., & Perucca, P. (2018). Epilepsy. Nature Reviews Disease Primers, 4(1), 18024. https://doi.org/10.1038/nrdp.2018.24

Fisher, R. S., Acevedo, C., Arzimanoglou, A., Bogacz, A., Cross, J. H., Elger, C. E., Engel, J. Jr., Forsgren, L., French, J. A., Glynn, M., Hesdorffer, D. C., Lee, B. I., Mathern, G. W., Moshé, S. L., Perucca, E., Scheffer, I. E., Tomson, T., Watanabe, M., & Wiebe, S. (2017). ILAE classification of seizures: 2017 revision. Epilepsia, 58(4), 522–530. https://doi.org/10.1111/epi.13670

Hilbe, J. M. (2011). Negative Binomial Regression (2nd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511973420

Jacoby, A., & Austin, J. K. (2007). Social stigma for adults and children with epilepsy. Epilepsia, 48(Suppl. 9), 6–9. https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2007.01391.x

Keezer, M. R., Sisodiya, S. M., & Sander, J. W. (2016). Comorbidities of epilepsy: current concepts and future perspectives. The Lancet Neurology, 15(1), 106–115. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(15)00225-2

Lambert, D. (1992). Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. Technometrics, 34(1), 1–14. https://doi.org/10.1080/00401706.1992.10485228

World Health Organization. (2023). Epilepsy: Key facts. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

KUŞ POPÜLASYONLARI VE HABİTAT ÖZELLİKLERİNİN REGRESYON MODELLERİ İLE ANALİZİ

Dr. Öğr. Üy. Barış ERGÜL
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
ORCID: 0000-0002-1811-5143

Prof. Dr. Arzu ALTIN YAVUZ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
ORCID: 0000-0002-3277-540X

ÖZET
Kuş popülasyonları, ekosistem sağlığının ve biyolojik çeşitliliğin önemli göstergelerindendir. Popülasyon yoğunluğu ve dağılımı, türlerin beslenme, üreme ve barınma ihtiyaçlarına bağlı olarak habitat özelliklerinden etkilenir. Farklı habitat tiplerinde kuş sayılarının modellenmesi, ekolojik planlama ve koruma stratejileri açısından kritik öneme sahiptir.
Bu çalışmada, orman kenarı, sulak alan, çalılık ve açık alan gibi çeşitli habitatlarda gözlemlenen kuş sayıları, Poisson, Negatif Binom ve Zero-Inflated Poisson (ZIP) regresyon modelleri ile analiz edilmiştir. Poisson regresyon, sayımsal veri modellemesinde temel yöntem olarak kabul edilse de, verilerde aşırı dağılım (overdispersion) veya çok sayıda sıfır gözlem varsa sınırlı kalabilmektedir. Negatif Binom regresyon, varyansın ortalamadan yüksek olduğu durumlarda esnek bir yaklaşım sunarak daha doğru tahminler sağlamaktadır. ZIP modeli ise sıfır gözlemlerinin yaygın olduğu habitatlarda model uyumunu artırmaktadır.
Analizler, kuş popülasyonlarının orman kenarı, sulak alan ve çalılık habitatlarda daha yoğun olduğunu, açık alan ve kentsel bölgelerde ise sıfır gözlem olasılığının yüksek olduğunu göstermiştir. Özellikle nadir türlerde sıfır gözlemlerinin yaygınlığı, ZIP modelinin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Model karşılaştırmaları, Poisson regresyonun aşırı sıfır ve varyans heterojenliği durumlarında uyumsuz kaldığını, Negatif Binom ve ZIP modellerinin ise veriye yüksek uyum sağladığını ortaya koymuştur.
Elde edilen bulgular, kuş popülasyonlarının mekansal dağılımını anlamak ve ekolojik planlamada doğru istatistiksel yaklaşımı seçmenin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, koruma ve yönetim stratejilerinin belirlenmesinde, uygun regresyon modelleri kullanılarak hem yaygın hem de nadir türlerin ihtiyaçlarına göre daha etkin önlemler alınabileceğini göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Kuş Popülasyonu, Sayma Veri, Negatif Binom, Poisson.

ANALYSIS OF BIRD POPULATIONS AND HABITAT CHARACTERISTICS USING REGRESSION MODELS

ABSTRACT
Bird populations are important indicators of ecosystem health and biodiversity. Population density and distribution are influenced by habitat characteristics, which affect species' feeding, breeding, and sheltering needs. Modeling bird counts across different habitat types is therefore critical for ecological planning and conservation strategies.
In this study, bird counts observed in various habitats, including forest edges, wetlands, shrublands, and open areas, were analyzed using Poisson, Negative Binomial, and Zero-Inflated Poisson (ZIP) regression models.

While Poisson regression is a standard method for modeling count data, it may be limited when overdispersion or a high number of zero counts are present. Negative Binomial regression provides a flexible approach when the variance exceeds the mean, offering more accurate predictions. The ZIP model, on the other hand, improves model fit in habitats where zero counts are frequent.
The analyses revealed that bird populations were denser in forest edges, wetlands, and shrublands, whereas open and urban areas exhibited a higher likelihood of zero counts. Particularly for rare species, the prevalence of zero observations underscores the necessity of using the ZIP model. Model comparisons indicated that Poisson regression was inadequate under conditions of overdispersion and zero inflation, while Negative Binomial and ZIP models demonstrated superior fit to the data.
These findings highlight the importance of understanding the spatial distribution of bird populations and selecting statistical approaches in ecological research. Moreover, it illustrates that the application of regression models in the formulation of conservation and management strategies enables the development of more effective measures tailored to the needs of both common and rare species.
Keywords: Bird Populations, Count Data, Negative Binomial, Poisson.

GİRİŞ

Kuş popülasyonları, eko-sistemlerin işleyişi ve sürdürülebilirliği açısından önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır. Tür çeşitliliği, dağılım ve popülasyon yoğunluğu; ekolojik dengelerin korunmasında kritik roller üstlenirken, aynı zamanda habitatların sağlık durumuna ilişkin biyolojik göstergeler sunmaktadır (Bibby, Burgess & Hill, 2000). Özellikle iklim değişikliği, kuş topluluklarının yaşam alanlarını dönüştürmekte ve popülasyon dinamiklerini doğrudan etkilemektedir (Şekercioğlu, 2012). Bu bağlamda, kuş popülasyonları ve habitat özellikleri arasındaki ilişkiyi anlamak, yalnızca ekolojik araştırmalar için değil; aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunması, doğa temelli çözümler geliştirilmesi ve sürdürülebilir çevre politikalarının oluşturulması için de kritik bir öneme sahiptir.
Kuşların ekolojik önemi, yalnızca tür zenginlikleri veya sayısal bolluklarıyla sınırlı değildir. Tohum dağılımı, zararlı böcek popülasyonlarının kontrolü ve besin zinciri içerisindeki roller gibi işlevsel katkıları sayesinde ekosistem hizmetlerinin sürekliliğine doğrudan katkıda bulunmaktadırlar (Whelan, Wenny & Marquis, 2008). Bu nedenle kuş popülasyonlarındaki değişimlerin izlenmesi, habitatların yapısal özellikleri ile olan ilişkilerinin değerlendirilmesi, ekolojik süreçler hakkında bütüncül bir anlayış geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.
Habitat özellikleri, kuş topluluklarının kompozisyonu üzerinde belirleyici bir faktördür. Bitki örtüsünün çeşitliliği, su kaynaklarının varlığı, topografik özellikler ve insan faaliyetlerinin yoğunluğu gibi unsurlar, farklı kuş türlerinin dağılımını biçimlendirmektedir (MacArthur & MacArthur, 1961). Örneğin, ormanlık alanlarda gölgelik ve yüksek ağaç yoğunluğu ve üreme olanaklarını artırırken; sulak alanlarda su kuşları için beslenme ve göç esnasında dinlenme noktaları sağlamaktadır (Wetlands International, 2020). Buna karşılık, habitat parçalanması ve arazi kullanımındaki hızlı değişim, birçok kuş türü için yaşamsal riskler oluşturmaktadır (Fahrig, 2003).
Türkiye, üç kıta arasında yer alması, farklı iklim kuşaklarını barındırması ve coğrafi çeşitliliği sayesinde yaklaşık 500 kuş türüne ev sahipliği yapan önemli bir biyolojik çeşitlilik merkezidir (Kılıç & Eken, 2004). Ancak, özellikle son yıllarda tarımsal dönüşümler, kentleşme ve enerji yatırımları gibi faktörler, doğal habitatların bütünlüğünü tehdit etmektedir. Dolayısıyla, kuş popülasyonları ve habitat özellikleri arasındaki ilişkinin anlaşılması, hem koruma biyolojisi hem de sürdürülebilir arazi planlaması açısından vazgeçilmezdir.

Bu çalışma, kuş popülasyonlarının habitat özellikleri ile etkileşimini çok boyutlu bir bakış açısıyla ele almayı amaçlamaktadır. Geliştirilecek analizlerin, hem bilimsel literatüre katkı sunması hem de politika yapıcılar için uygulanabilir stratejiler geliştirilmesine destek sağlaması hedeflenmektedir. Böylece ekosistem hizmetlerinin sürekliliği korunarak biyolojik çeşitliliğin gelecek kuşaklara aktarılmasına katkıda bulunulacaktır.

YÖNTEM

Sayım verilerinin analizi, sosyal bilimlerden tıp araştırmalarına, ekolojiden epidemiyolojiye kadar pek çok disiplinde önemli bir yöntemsel alanı temsil etmektedir. Araştırmacılar çoğu zaman, gözlemlenen olayların frekanslarını veya belirli bir sürede meydana gelen durumların sayılarını modellemek isterler. Bu bağlamda, Poisson regresyon modeli uzun yıllardır sayma verilerinin analizinde temel yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Cameron & Trivedi, 2013). Poisson dağılımı, olayların bağımsız ve sabit bir ortalama hızla gerçekleştiğini varsayar. Ancak, pratikte gözlemlenen veriler çoğu zaman bu varsayımı karşılamaz; özellikle de varyansın ortalamadan büyük olduğu durumlarda, yani aşırı saçılma (overdispersion) görüldüğünde, Poisson modeli yetersiz kalmaktadır (Hilbe, 2011).

Bu noktada devreye giren Negatif Binom regresyon modeli, Poisson regresyonun önemli bir genellemesi olarak değerlendirilmektedir. Negatif Binom dağılımı, gözlemlerdeki aşırı saçılmayı hesaba katarak varyansı daha esnek biçimde modelleme imkanı sağlamaktadır. Özellikle sağlık araştırmalarında, hastalık atak sayıları veya sosyal bilimlerde bireylerin davranış tekrarları gibi verilerde, Negatif Binom modeli daha doğru sonuçlar üretebilmektedir (Ridout, Demétrio & Hinde, 1998). Bununla birlikte, bazı sayım veri setlerinde aşırı saçılmaya ek olarak "aşırı sıfır" (excess zeros) problemi ortaya çıkmaktadır. Yani, gözlemler arasında beklenenden çok daha fazla sıfır değerinin bulunması, standart modellerin geçerliliğini zorlaştırmaktadır.

Bu tür durumlar için geliştirilmiş olan Zero-Inflated Poisson (ZIP) regresyon modeli, hem sıfırların fazlalığını hem de sayım verilerinin dağılım özelliklerini aynı anda açıklamayı hedeflemektedir. ZIP modelinde, sıfır değerleri iki farklı süreçten kaynaklanıyor olarak varsayılmaktadır: biri "yapısal sıfırlar" (yani olayın gerçekleşme ihtimalinin tamamen olmadığı durumlar), diğeri ise Poisson süreci sonucunda ortaya çıkan "rastlantısal sıfırlar"dır (Lambert, 1992). Bu çift süreçli yaklaşım sayesinde, ZIP modeli özellikle ekolojik çalışmalar (örneğin, belirli bir alanda tür varlığının hiç bulunmaması) gibi verilerde güçlü bir analitik araç haline gelmiştir.

Dolayısıyla, Poisson, Negatif Binom ve ZIP modelleri, sayma verilerinin farklı yapısal özelliklerine duyarlılık gösteren tamamlayıcı yöntemler olarak değerlendirilmektedir. Araştırmacının model seçiminde dikkate alması gereken temel faktörler, verinin dağılım özellikleri, varyans yapısı ve sıfır değerlerinin sıklığıdır. Günümüzde istatistiksel yazılımların gelişmesiyle birlikte, bu modelleri uygulamak ve karşılaştırmak oldukça kolaylaşmıştır. Ancak, hangi modelin kullanılacağına karar vermek yalnızca teknik bir mesele değil, aynı zamanda araştırma sorusunun doğasıyla da yakından ilişkilidir. Bu bağlamda, sayma verilerinin modellenmesinde doğru yöntem seçiminin, araştırmanın güvenilirliğini ve bulguların yorumlanabilirliğini doğrudan etkilediği söylenmektedir.

BULGULAR

Kuş sayımı veri seti, ekolojik araştırmalar için R programı içindeki 500 gözlemlik bir veri setidir ve farklı habitatlardaki kuş popülasyonlarının dağılımını incelemeyi amaçlamaktadır. Veri setinin bağımlı değişkeni, belirli bir alanda gözlemlenen kuş sayısını temsil eden kuş sayısı değişkenidir.

Açıklayıcı değişkenler arasında üç kategorili habitat türü (çayır, orman, sulak alan), iki kategorili mevsim değişkeni (kış, ilkbahar), sıcaklık ölçümleri ('°C cinsinden) ve ağaç taç kapalılık yüzdesi (%20-100 aralığında) bulunmaktadır. Bu veri seti, doğal sayım verilerinin tipik özelliklerini yansıtacak biçimdedir ve ortalamasına kıyasla yüksek varyans (aşırı dağılım) barındırmaktadır, gözlemlerin önemli bir kısmında sıfır kuş sayısı (sıfır şişkinliği) bulunmaktadır.

İstatistiksel analizler için R ve Python programları kullanılmıştır. Sonraki aşamada, Poisson, Negatif Binom ve ZIP modelleri uygulanmış ve sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Tablo 1'e göre, ZIP modeli (AIC=1098.3) en iyi uyumu sağlamıştır. Bu, verideki aşırı dağılım ve belirgin sıfır şişkinliği olduğunun kesin kanıtıdır. Negatif Binom (AIC=1124.8) iyi bir modeldir ve aşırı dağılımı için uygun bir modeldir, ancak sıfırları tam açıklayamamaktadır. Poisson modeli (AIC=1482.5), bu veri seti için kesinlikle yetersizdir ve hatalı sonuçlar üretmektedir.

Habitat Etkisi değişkeninin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Habitat etkisindeki sulak alanlar, kuş popülasyonu üzerindeki en güçlü pozitif etkiye sahiptir. Negatif Binom modeline göre, sulak alanlardaki kuş sayısı çayırlara göre 3.74 kat daha fazladır. Ayrıca, ZIP modeline göre, sulak alanlarda hiç kuş gözlemlenmeme olasılığının %88 azaldığını görülmektedir. Habitat etkisindeki ormanlık alanlar da kuş varlığını çayırlara göre yaklaşık 2.5 kat artırmıştır. Ormanlarda kuş gözlemlememe olasılığı %71 azalmıştır.

Mevsim etkisi değişkeni anlamlı bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde, kış mevsimine göre kuş sayısı 1.65 kat artırmıştır. Bu artış, göçmen kuşların gelmesi ve üreme sezonuyla açıklanabilmektedir. İlginç bir şekilde, mevsimin sıfır gözlem olasılığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Yani ilkbaharda daha fazla kuş görülmekle birlikte kuş görülmeyen alan sayısı değişmemektedir.

Sıcaklık değişkeninin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Her 1 °C'lik artış, kuş sayısını yaklaşık olarak 1.05 kat arttırmaktadır.

Taç Kapalılığı değişkeni, sadece aşırı dağılımı düzelten NB modelinde anlamlı çıkmıştır. Yoğun ve kapalı ormanlarda %1'lik artış kuş sayısında %2.8 bir azalma yaratmıştır.

Sayma modellerinde kullanılan IRR, lojistik regresyonda kullanılan OR karşılık geldiği unutulmamalıdır.

Tablo 1. Sayım Modelleri Analiz Sonuçları

Değişken	**Poisson IRR**	**Negatif Binom IRR**	**ZIP (Count) IRR**	**ZIP (Zero) OR**
Intercept	1.128	1.305	1.402	0.636
Habitat (Orman)	2.441***	2.545***	2.393***	0.287***
Habitat (Sulak)	3.475***	3.739***	3.473***	0.119***
Mevsim (İlkbahar)	1.573***	1.627***	1.651***	1.133
Sıcaklık	1.058***	1.064***	1.049***	0.991
Taç Kapalılığı	0.988	0.972***	0.990	1.004
AIC	1482.5	1124.8	1098.3	-
Log-Likelihood	-735.25	-554.40	-540.15	-

***p<0.05 | IRR: Incidence Rate Ratio | OR: Odds Ratio

SONUÇ

Bu çalışma, farklı habitat ve çevresel koşulların kuş popülasyonu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla üç farklı sayım modeli (Poisson Regresyon, Negatif Binom Regresyon ve ZIP Regresyon) kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, kuş sayım verilerinde belirgin bir aşırı dağılım (overdispersion) ve sıfır şişkinliği (zero-inflation) olduğunu ortaya koymuştur. Model karşılaştırma kriterlerine (AIC ve log-likelihood) göre, ZIP modelinin (AIC=1098.3) veriye en iyi uyum sağlayan model olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, hem aşırı dağılımı hem de gözlemlerdeki aşırı sıfırları düzeltmenin önemini vurgulamaktadır.

Analizler, habitat türünün kuş varlığı ve bolluğu üzerinde en belirleyici faktör olduğunu göstermiştir. Özellikle sulak alan habitatlarının, çayır habitatlarına kıyasla kuş sayısını yaklaşık 3.7 kat (IRR=3.74, $p<0.05$) artırdığı ve aynı zamanda hiç kuş gözlemlenmeme olasılığını %88 azalttığı (OR=0.119, $p<0.05$) tespit edilmiştir. Benzer şekilde, orman habitatları da kuş bolluğunu anlamlı derecede pozitif etkilemiştir. Mevsimsel etki incelendiğinde, ilkbahar mevsiminin kuş sayısını kış mevsimine göre ortalama %65 oranında artırdığı, ancak sıfır gözlem olasılığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Çevresel değişkenlerden sıcaklığın kuş sayısı üzerinde anlamlı bir pozitif etkisi olduğu, buna karşılık taç kapalılığı yüksek olan alanlarda ise kuş sayısında hafif bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, kuş popülasyonu dinamiklerini modellemede gelişmiş sayım modellerinin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır ve özellikle sulak alan ile orman habitatlarının korunmasının kuş biyo-çeşitliliğinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. İleriki çalışmalarda, besin kaynağı ve insan etkisi gibi ek değişkenlerin modele dahil edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Bibby, C. J., Burgess, N. D., & Hill, D. A. (2000). Bird Census Techniques (2nd ed.). Academic Press.

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2013). Regression Analysis of Count Data (2nd ed.). Cambridge University Press.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34(1), 487–515. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419

Hilbe, J. M. (2011). Negative Binomial Regression (2nd ed.). Cambridge University Press.

Kılıç, D. T., & Eken, G. (2004). Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları – 2004 Güncellemesi. Doğa Derneği Yayınları.

Lambert, D. (1992). Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. Technometrics, 34(1), 1–14. https://doi.org/10.1080/00401706.1992.10485228

MacArthur, R. H., & MacArthur, J. W. (1961). On bird species diversity. Ecology, 42(3), 594–598. https://doi.org/10.2307/1932254

Ridout, M., Demétrio, C. G. B., & Hinde, J. (1998). Models for count data with many zeros. International Biometric Conference, 19, 179–192.

Şekercioğlu, Ç. H. (2012). Bird functional diversity and ecosystem services in tropical forests, agroforests and agricultural areas. Journal of Ornithology, 153(1), 153–161. https://doi.org/10.1007/s10336-012-0869-4

Wetlands International. (2020). State of the World's Waterbirds 2020. Wetlands International.

Whelan, C. J., Wenny, D. G., & Marquis, R. J. (2008). Ecosystem services provided by birds. Annals of the New York Academy of Sciences, 1134(1), 25–60. https://doi.org/10.1196/annals.1439.003

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MTBF ve MTTR VERİLERİNE DAYALI YEDEK PARÇA İHTİYAÇ ANALİZİ: SAVUNMA SANAYİİ SEKTÖRÜNDE KARA ARAÇLARI ÜZERİNE BİR YAKLAŞIM

Burak KEPME
KOLUMAN OTOMOTİV ENDÜSTRİ AŞ
ORCID: 0009-0002-0456-288X

ÖZET

Savunma Sanayii sektöründe bilhassa son yıllarda; platform/sistem/ürünler millî imkân ve kabiliyetlerle geliştirilebilmekte, geliştirilen sistem/ürünlerin alt bileşen seviyesinde yerlileştirilmesi/millîleştirilmesi yapılabilmektedir. Üstüne üstlük, millî üretim kapasitesi önemli ölçüde artırılarak dışa bağımlılık en alt seviyeye indirilebilmektedir. Bu yetkinlik ve gelişimle birlikte, sistemlerin sadece teknik yeterlilikleri değil, aynı zamanda uzun ömürlülüğü, lojistik desteklenebilirliği ve operasyonel sürekliliği de kritik performans göstergeleri haline gelmiştir. Bu doğrultuda; temelleri Amerika'da havacılık sektörü ile atılmış olan Entegre Lojistik Destek (ELD) kavramı, günümüzde tüm savunma sektörlerinde, savunma sistemlerinin tasarımından itibaren dikkate alınması gereken stratejik bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, kara araçları için yedek parça planlamasında kullanılan MTBF (Mean Time Between Failures) ve MTTR (Mean Time To Repair) verilerinin analitik biçimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Özellikle sistemlerin ömür devri süresi, görev yoğunluğu ve operasyonel temposu dikkate alınarak yedek parça isterinin türü ve miktarı örnek bir senaryo üzerinden hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında, zırhlı taktik tekerlekli araçlar için yapılan analizlerde, Fren Kumanda Valfi isimli parçanın 3 yıllık garanti süresinde 200 adet, 30 yıllık ömür devri süresince ise yaklaşık 2000 adet yedek parça ihtiyacı olacağı belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu yöntem ile; MTBF ve MTTR verilerine dayalı planlamanın yedek parça ihtiyaç analizinde güvenilir ve sürdürülebilir bir yaklaşım sunduğu gösterilmekte, savunma projelerinde maliyet etkinliği artırırken, sistem erişilebilirliğini güvence altına alarak görev başarısına doğrudan katkı sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Entegre Lojistik Destek, MTBF, MTTR, Yedek Parça Planlaması, Kara Araçları, Ömür Devri Maliyeti.

SPARE PARTS NEEDS ANALYSIS BASED ON MTBF AND MTTR DATA: AN APPROACH ON LAND VEHICLES IN THE DEFENSE INDUSTRY SECTOR

ABSTRACT

In recent years, the Turkish defense industry has demonstrated the capability to develop indigenous platforms, systems, and products. Concurrently, localization and nationalization at the component level have been progressively implemented, and production capacities have been substantially expanded, thereby mitigating reliance on foreign sources. Alongside these advancements, system performance is increasingly evaluated not only in terms of technical specifications but also considering longevity, maintainability, and operational continuity, which have become critical performance indicators. In this context, the concept of Integrated Logistics Support (ILS), originally established in the aerospace sector, has emerged as a strategic factor that must be integrated from the initial phases of defense system design across all domains.

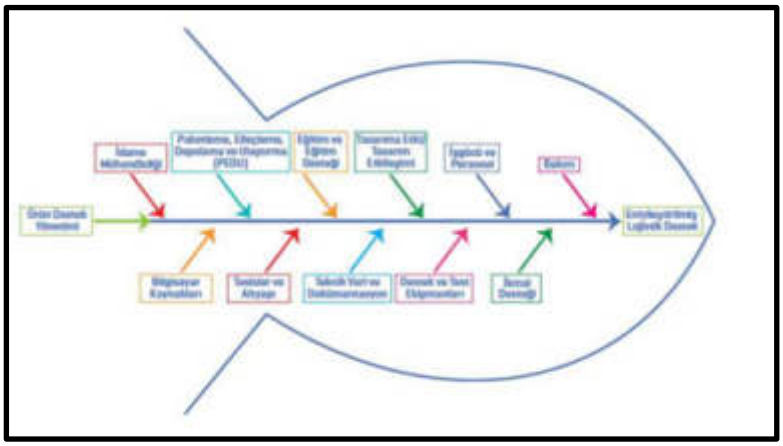
This study focuses on the analytical evaluation of MTBF (Mean Time Between Failures) and MTTR (Mean Time To Repair) metrics in the context of spare parts planning for land-based vehicles. Specifically, the type and quantity of spare parts are determined through an illustrative scenario that incorporates system lifecycle duration, operational intensity, and mission tempo. The analysis conducted on armored tactical wheeled vehicles indicates that the Brake Control Valve component would require approximately 200 units during a three-year warranty period, escalating to nearly 2,000 units over a projected 30-year system lifecycle.
The findings underscore that MTBF- and MTTR-based planning constitutes a robust and sustainable methodology for spare parts requirement analysis. This approach not only enhances cost-effectiveness in defense projects but also ensures system availability, thereby directly contributing to operational readiness and mission success.
Keywords: Integrated Logistic Support, MTBF, MTTR, Spare Parts Planning, Land Vehicles, Life Cycle Cost.

1. GİRİŞ

Türk savunma sanayii sektörü, özellikle son yıllarda yapılan yatırımlar ile birlikte büyük bir dönüşüm geçirmekte ve bunun sonucu olarak dışa bağımlılığı azalan, yüksek katma değere sahip, yüksek teknoloji barındıran sistemler üretebilmekte ve bu sistemleri yurt dışına ithal edebilmektedir. Gelinen aşamada modern savunma sistemleri; teknolojik üstünlüklerinin yanı sıra uzun ömürlülük, operasyonel süreklilik, lojistik desteklenebilirlik kabiliyetleriyle de değerlendirilmektedir. Bu anlamda Entegre Lojistik Destek (ELD) kavramı Türk savunma sanayiinde sadece bir destek fonksiyonu değil, sistem tasarımından itibaren dikkate alınması gereken stratejik bir unsur haline gelmiştir. Modern savaş ortamlarında bir sistemin başarısı yalnızca sahip olduğu teknik kabiliyetlerle değil, aynı zamanda bu sistemin görev sürekliliğini sağlayacak bakım, onarım ve yedek parça yönetimi gibi lojistik unsurlarla da ölçülmektedir. (T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı, 2021)
Bu çalışmada, kara araçlarının yedek parça seviyesinin, türünün ve/veya miktarının hesaplanmasında sistemin harekât kabiliyeti ile lojistik destek unsurlarını bir araya getiren MTBF (Mean Time Between Failures) ve MTTR (Mean Time To Repair) verilerinin analizinden nasıl fayda sağlandığı ele alınmaktadır. Özellikle sistemlerin ömür devri süreleri, uzun operasyonları/görevleri ve yüksek harekât temposu dikkate alındığında bu ve benzeri analitik yaklaşımlar doğru yedek parça planlarının yapılmasında, maliyet/etkinliğin sağlanmasında ve görevin başarılmasında doğrudan ve önemli katkılar sunmaktadır. (T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı, 2024)

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Savunma sanayii sektöründe yürütülen projelerde sistemlerin; görevini yerine getirebilme kabiliyeti ve maliyet etkin olmaları ile birlikte ömür devri boyunca kullanılabilmeleri, uygun bir maliyetle desteklenebilmeleri de en önemli kriterlerden biridir. Bir ürünün/sistemin belirlenen ömrü süresince ihtiyaç duyacağı veya duyabileceği desteklenebilirlik/iademe edilebilirlik ile ilgili tüm hususların bütüncül bir yaklaşımla yürütülebilmesi, idamesinin maliyet etkin olması ve tasarımın buna göre yapılabilmesi için Şekil-1'de gösterilen "Entegre Lojistik Destek (ELD)" faaliyetleri yürütülmektedir. (T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı, 2021)



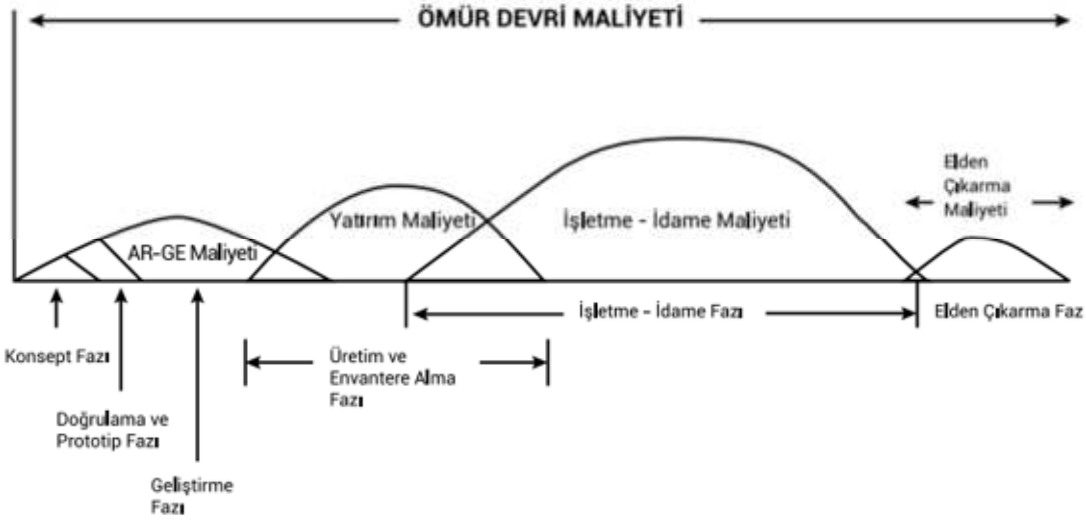
Şekil 1. Entegre Lojistik Destek Unsurları

Bir sistemin ömür devri maliyetleri ele alındığında bunun yaklaşık 80 – 85 %'lik bölümünün idame, işletme ve destek maliyetleri olduğu görülmektedir. (MTBF+) İşte bu süreçte doğacak maliyetlerin, ELD kapsamında yürütülen çalışmalarla düşürülmesi hedeflenmekte, sistemin maliyet/etkin olması sağlanmaktadır. (Deran, 2008)

Ömür Devri Maliyeti'nin temel elemanları;

- Araştırma ve Geliştirme Maliyeti,
- Yatırım Maliyeti,
- İdame-İşletme Maliyeti,
- Elden Çıkarma Maliyeti olarak gruplandırabiliriz.

Ömür Devri Maliyeti'nin elemanları Şekil-2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Ömür Devri Maliyeti Elemanları

Savunma sanayii sektörüne yön verebilmek, standardın oluşmasını sağlamak ve ELD çıktılarının aynı seviyede olmasına katkıda bulunmak amacıyla ABD Savunma Bakanlığı tarafından standartlar belirlenmektedir. Entegre Lojistik Destek yönetiminin daha etkin, daha etkili, daha efektif ve daha az maliyetli yapılabilmesi amacıyla MIL-STD-1388 "Lojistik Destek Analizleri" standardı oluşturulmuştur.

(Kablan, 2024) Bu ve benzeri standartlaşmış/standartlaştırılmış yapılar sayesinde ELD unsurlarının yönetilmesi ve uygulanması daha kolay sağlanabilmektedir.
ELD'nin Lojistik Destek Analizleri (LDA) çalışmaları altında yürütülen Arızalar Arası Ortalama Süre (İng. MTBF – Mean Time Between Failures) ve Arıza Onarım Süresi (İng. MTTR – Mean Time to Repair) analizleri; ilk kez havacılık ve nükleer enerji sektörlerinde kullanılmaya başlanmış, daha sonra savunma sanayii dâhil olmak üzere yüksek güvenilirlik gerektiren tüm sistemlerde başlıca güvenilirlik ölçütleri olarak kabul görmüştür. MTBF, bir sistemin arızalanmadan önceki ortalama çalışma süresini ifade etmektedir. MTTR ise; meydana gelen bir arızanın ortalama tamir süresini tanımlamaktadır. MTBF; sistemin operasyonel etkisini ve esnekliğini etkilerken, MTTR; desteklenebilirliği, idame edilebilirliği etkilemektedir. İşte bu iki değer birlikte değerlendirildiğinde, bir sistemin operasyonel erişilebilirliği (Availability) üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. (Keşli & Tuna, 2009)

3. YÖNTEM

Sistemi oluşturan her bir alt sistem, her bir bileşen için benzer analizler yapılarak hangi alt sistemden veya hangi bileşenden yedek parça tutulması gerektiği, maksimum desteklenebilirlik için yedek parça miktarının ne olması gerektiği yapılan analizler sonrası ortaya çıkarılabilmektedir.
Öncelikle hangi malzemenin yedek parça olması gerektiğine karar verilmekte, akabinde yedek parçalarının miktarı belirlenmektedir.

3.1. Yedek Parçanın Belirlenmesi

Sistem ile birlikte verilecek yedek parçaları belirlerken;

1. Kritiklik Analizi
2. Hata Türleri Etkileri Kritiklik Analizi (İng. FMECA – Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)
3. Onarım Seviyesi Analizi
4. Arıza Verisi ve MTBF Bazlı Seçim
5. Operasyonel Veri ve Kullanım Profili analizleri yapılmakta, yedek parça

3.2. Yedek Parça Miktarının Belirlenmesi

Arızalanmadan önceki ortalama süreyi gösteren MTBF değeri Formül-1 ile ortalama tamir süresini gösteren MTTR değeri Formül-2 ile belirlenmektedir. (Keşli & Tuna, 2009)

$$MTBF = \frac{Ht}{Ft} \qquad (1)$$

$$MTTR = \frac{Mt}{Rt} \qquad (2)$$

Sistemin yedek parça miktarı Formül-3 ile hesaplanmaktadır.

$$SP = \frac{Ho \text{ x } Vt \text{ x } Pv}{\text{MTBF}} \qquad (3)$$

Ht : *Toplam Çalışma Süresi*
Ft : *Toplam Arıza Sayısı*
Mt : *Toplam Arıza Tamir Süresi*
Rt : *Toplam Arıza Tamir Sayısı*
SP : *Yedek Parça İhtiyacı*
Ho : *Operasyonel Görev Süresi*
Vt : *Toplam Araç Sayısı*
Pv : *Araç Başına Parça Adedi*

4. UYGULAMA

Zırhlı taktik tekerlekli araç için oluşturulan senaryo kapsamında üçüncü bölümde belirtilen yöntem ile yedek parça olarak belirlenen "Fren Kumanda Valfi" malzemesinden kaç adet verilmesi gerektiğine ilişkin yapılan çalışma aşağıda sunulmuştur.

4.1. Örnek Senaryo Bilgileri

Araç Türü	:	Zırhlı Taktik Tekerlekli Araç
Araç Sayısı (adet)	:	100
Görev Süresi (garanti/yıl)	:	3
Görev Süresi (ömür devri/yıl)	:	30
Operasyon Süresi (km/yıl)	:	100.000
İncelenen Parça	:	Fren Kumanda Valfi
Araç Başına Parça Miktarı (adet)	:	1
MTBF (km)	:	150.000
MTTR (saat)	:	2

4.1. Yedek Parça Miktarının Belirlenmesi

$$SP = \frac{Ho \text{ x } Vt \text{ x } Pv}{\text{MTBF}}$$

Garanti süresince yedek parça miktarı

$$SPg = \frac{(100.000\ x\ 3) x\ 100\ x\ 1}{150.000}$$

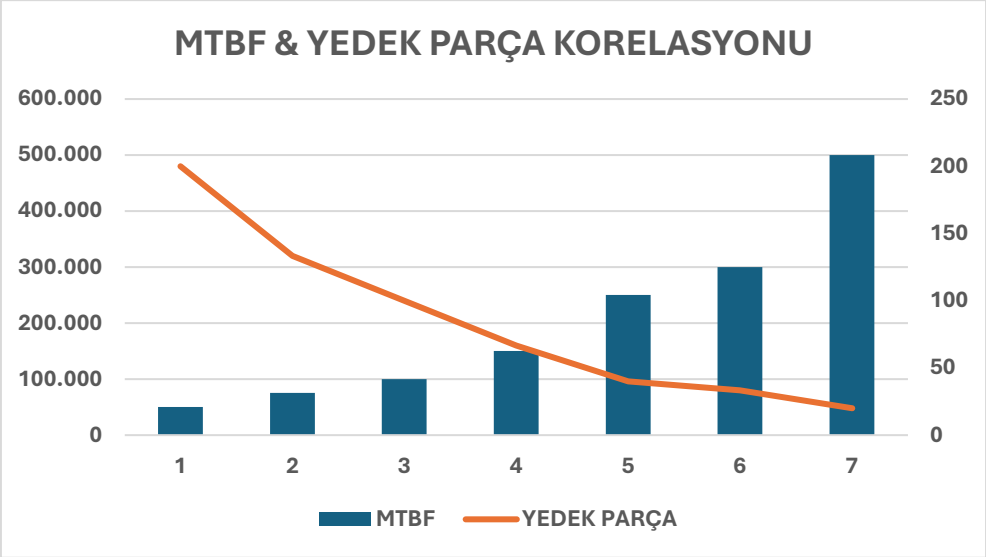
$$SPg = 200 \text{ adet}$$

Ömür devri süresince yedek parça miktarı

$$SPo = \frac{(100.000\ x\ 30) x\ 100\ x\ 1}{150.000}$$

$$SPo = 2000\ adet$$

Yapılan çalışmada toplam 100 adet araç için 3 yıllık garanti süresi boyunca 200 adet Fren Kumanda Valfi'nin yedek parça olarak tedarik edilmesinin gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca; araçların ömür devri boyunca maliyet/etkin bir şekilde desteklenebilmesi için yaklaşık 2000 adet bahse konu malzemeye ihtiyaç duyacağı belirlenmiştir.
MTBF ile yedek parça miktarı arasındaki korelasyon Şekil-3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. MTBF - Yedek Parça Miktarı Korelasyonu

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Savunma sanayiinde yerli ve milli üretim kabiliyetlerinin gelişmesiyle birlikte, sistemlerin sadece teknik yeterliliği değil, aynı zamanda lojistik desteklenebilirliği de kritik başarı kriteri haline gelmiştir. Geldiğimiz noktada Entegre Lojistik Destek (ELD) yaklaşımı, sistemlerin ömür devri boyunca maliyet/etkin bir şekilde desteklenmesinin sağlanmasında temel ve kritik bir rol oynamaktadır.
Bu çalışmada, kara araçlarında kullanılan yedek parça miktarının belirlenmesinde MTBF (Mean Time Between Failures) ve MTTR (Mean Time To Repair) verilerinin nasıl kullanılabileceği örnek bir senaryo üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar; doğru analiz edilen MTBF ve MTTR verilerinin yedek parça ihtiyacının bilimsel temellerle öngörülebilmesine olanak sağladığını, böylelikle sistemin operasyonel sürekliliği için kritik bir lojistik destek katkısı sunduğunu göstermektedir.
Örnek senaryo kapsamında 100 adet zırhlı taktik tekerlekli araç için 3 yıllık garanti süresinde 200 adet, 30 yıllık ömür devri süresinde ise yaklaşık 2000 adet Fren Kumanda Valfi yedek parçasına ihtiyaç duyulacağı hesaplanmıştır. Bu miktar, sistemin görev süresi boyunca kesintisiz çalışmasını temin edecek şekilde planlanmıştır.
Sonuç olarak, ELD faaliyetleri kapsamında yapılan güvenilirlik ve desteklenebilirlik analizleri; bakım, onarım ve yedek parça planlamasını yalnızca sezgisel değil, veriye dayalı ve stratejik bir sürece dönüştürmektedir. Gelecekte benzer çalışmalar farklı alt sistemler ve kullanım senaryoları için genişletilerek bütünsel bir lojistik destek modelinin oluşturulmasına katkı sunabilir.

KAYNAKÇA

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı. Savunma Sanayii Başkanlığı. (2021). *Savunma Sanayiinde Ömür Devri Yönetimi ve Entegre Lojistik Destek Kılavuzu*. Ankara: Savunma Sanayii Başkanlığı Yayınları.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı. (2024). *2024-2028 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı.* Ankara: Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı Yayınları.

Deran, A. (2008). *Stratejik Bir Karar Verme Aracı Olarak Yaşam Seyri Maliyet Analizlerinin Tedarik Sürecindeki Yeri ve Önemi.* Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt-17, Sayı-2.

Kablan, E. (2024). *Entegre Lojistik Destek Ürün Destek: Sistem Ömür Devri Maliyeti*. *Mühendis ve Makine Dergisi*, Haziran 2024.

Keşli, B., Tuna, C. (2009). *Savunma Projelerinde Entegre Lojistik Destek Uygulamaları.* Savunma Sanayii Gündemi Dergisi, Aralık 2009.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ULTRASONIC HEATING SOLUTIONS FOR ENHANCED OPERATIONAL READINESS OF MILITARY VEHICLES THROUGH ADVANCED FUEL AND DE-ICING SYSTEMS

Mehmet YAVUZ
Koluman Otomotiv Endüstri A. Ş.
ORCID: 0009-0006-4929-5868

ABSTRACT
Military vehicles need strong and fast heating for mission critical subsystems under extreme and variable weather conditions. Current heating management technologies like resistive heaters, waste heat recovery of engines, and combustion heaters are defined by severe limitations in terms of energy efficiency, response time, weight, and safety. These highlight the critical need for next generation heating technology which designed with fewer components by providing significant benefits in both energy consumption and operational time. This paper introduces and discusses ultrasonic heating as a possibility, using high frequency sound waves generated to produce internal heat production. More specifically, the study explains the unique mechanism whereby ultrasonic vibrations imposed create cavitation in liquids. The process of microscopic void formation and explosive collapse leading to intense localized molecular friction and self-heating in the liquid. For solids like glass, direct vibrational energy input causes breaking of bonds and frictional heating. This work shall explore the application of ultrasonic heating for unfreezing windows, avoiding fuel system gelling in military vehicles and so forth, with conceptual energy estimates for a range of cases. A deeply comparison of these traditional methods of heating with the latest ultrasonic method will be provided based on considerations such as heating rate, energy consumption, weight, compactness, and safety. Thereby classification of the advantages of ultrasonic technology towards greater military vehicle operational readiness and survivability.
Keywords: Heating Systems, Ultrasonic, Cavitation, Unfreezing, Energy Consumption

1.INTRODUCTION
Military vehicles need to operate under extremly harsh conditions, often enduring extreme temperatures like snow, ice, and freezing winds. Under such conditions, effective and rapid heating solutions are not just a luxury, but are mission-critical maintaining the functionality of key subsystems such as fuel delivery, sensor clearness, and crew survivability. Heating systems play a key role in vehicle readiness, in eliminating start-up delays, and in preventing mechanical failures caused by frozen parts.

Conventional heating technologies that are used on military platforms include resistive electric heaters, waste heat recovery from engines, and combustion-based auxiliary heaters (i.e., diesel-fired units). While these technologies have been extensively used, they are plagued by significant limitations. Resistive heaters are energy intensive and are slow to deliver effective heating in large or distributed subsystems. Combustion heaters, while higher power, present fuel safety and emissions hazards, and add maintenance complexity. Waste heat recovery is strongly a function of engine operation and therefore is not effective for cold starts or idle engine conditions. These limitations create an urgent need for new, compact, and energy efficient heating technologies that can enhance vehicle readiness without weight, complexity, or fuel penalty.

Ultrasonic heating, although not traditionally used in military vehicles, offers a novel solution to many of these problems. The technology employs high-frequency sound waves to induce cavitation in liquids or frictional heating in solids. In liquids, cavitation is the formation and collapse of microscopic bubbles with the release of localized energy and the generation of rapid internal heat. In solid materials, ultrasonic vibrations induce internal molecular movement, generating heat through bond friction and micro deformation. Ultrasonic heating is now being utilized in laboratory sterilizers, industrial cleaning equipment, medical therapies (e.g., physiotherapy, cancer treatment), and polymer processing [1]. These applications exploit the technology's ability to deliver precise, uniform, and fast heat with minimal energy loss and without open flames or toxic fumes. Given its promising characteristics, ultrasonic heating has the potential to revolutionize thermal management in military vehicles. This paper explores its feasibility for use in applications such as fuel de-gelling, de-icing windows and optics, and rapid subsystem warm-up, with comparative analysis against conventional heating technologies in terms of energy consumption, heating rate, safety, and compactness.

2.MATERIALS AND METHODS

This section details the theoretical framework and proposed methodologies for evaluating ultrasonic heating as an advanced solution for military vehicle thermal management. We will explore the principles of ultrasonic heating that present conceptual calculations for typical military applications, and outline a comparative analysis against conventional heating systems.

2.1 Principles of Ultrasonic Heating

Ultrasonic heating leverages high frequency sound waves, typically in the range of 20 kHz to several MHz, to generate heat within a material. The primary mechanisms for heat generation differ between liquids and solids.

2.1.1 The Microscopic Mechanisms of Heat Generation

Ultrasonic heating literally works like a direct conversion of the high frequency electrical energy into mechanical vibrations. That is, a transducer uses high frequency electrical energy to produce ultrasound waves by having them propagated through a medium, which results in rapid, local microscopic oscillations and dynamic effects and thus produces heat directly by several important mechanisms.

2.1.2 Molecular Viscous Dissipation and Friction

While ultrasonic waves travel through a material, they subject its member molecules to a cycle of extremely rapid and repeated compression and release. This intense molecular interaction generates internal friction. In fluids, this is referred to as viscous dissipation where the internal resistance to flow (viscosity) directly converts the mechanical energy of the sound waves into heat. This is particularly efficient at heating thick, viscous liquids like diesel fuel, where resistance to molecular motion itself contributes directly to the production of heat energy.

2.1.3 Cavitation (Primarily in Liquids)

In liquids, ultrasonic waves induce acoustic cavitation. As the sound waves propagate, rapid pressure fluctuations occur. During the rarefaction (negative pressure) phase, microscopic gas bubbles (cavitation nuclei) in the liquid expand rapidly. When the pressure subsequently increases during the compression phase, these bubbles violently collapse.

This implosion generates localized hotspots with extremely high temperatures (thousands of Kelvin) and pressures (thousands of atmospheres) for picosecond durations. While these localized temperatures are extreme, the cumulative effect of countless such micro implosions leads to a rapid and efficient bulk heating of the liquid through intense molecular friction and shockwave dissipation. The power (P) generated by cavitation can be theoretically related to the ultrasonic intensity (I) and the volume of the liquid (V), though precise calculations are complex due to the stochastic nature of cavitation. A simplified approach often involves considering the acoustic power density (Φ_a, in W/m³) absorbed by the liquid:

$P = \Phi_a \cdot V$

The acoustic power density is a function of the ultrasonic frequency, amplitude, and the acoustic properties of the liquid (density, viscosity, speed of sound) [2].

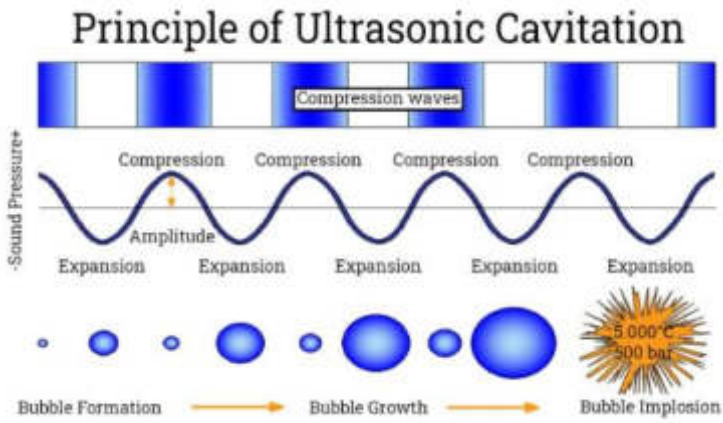


Figure.1 Cavitation Principle

2.1.3.1 Heat Generation in Solids (Frictional Heating)

In solid materials, particularly amorphous or composite structures like glass, ultrasonic vibrations induce internal molecular friction and micro deformation. As the high frequency waves propagate, they cause rapid oscillation of molecules and lattice structures. This internal movement generates heat through the dissipation of vibrational energy as thermal energy. For viscoelastic materials, the loss modulus plays a significant role, quantifying the energy dissipated as heat during deformation. The power dissipated as heat (P_friction) due to internal friction in a solid can be expressed as:

$$P_friction = (1/2) \cdot \omega \cdot \varepsilon_0^2 \cdot E'' \cdot V$$

Where:

- ω is the angular frequency of the ultrasonic waves ($2\pi f$, where f is frequency).
- ε_0 is the strain amplitude.
- E'' is the loss modulus of the material.
- V is the volume of the material being heated.

2.1.4 Acoustic Attenuation and Absorption

All materials exhibit some acoustic absorption in which it dissipates a portion of the propagating sound wave's mechanical energy into heat. This is due to various types of dissipative mechanisms at structural and molecular levels. A material's attenuation coefficient, indicating how rapidly the sound's intensity decreases with distance, is proportional to its ability to absorb acoustic energy and dissipate it as heat.

2.1.5 Resonance Effects

If the frequency of the ultrasound used happens to match a natural vibration frequency of the material or its constituents, acoustic resonance is possible. Resonance significantly amplifies the vibration amplitude of the molecules or structures, thereby increasing the internal friction and the molecular collisions, leading to an increased generation of heat. These synergetic processes enable ultrasonic heating to create heat directly in the volume or at the interface of a material compared to conventional methods that tend to be indirect heat transfer from an external heating source.

2.2 Proposed Military Vehicle Applications

2.2.1 Fuel Heating System

The problem of waxing or gelling of diesel fuel in freezing temperatures (below -20°C) is a total operational impairment for military vehicles, resulting in loss of engine performance or complete failure. An ultrasonic fuel heating system will eliminate this by placing ultrasonic transducers inside or very close to the fuel lines or fuel tank.

Assumed Values for Analysis of Ultrasonic Heating Capability:

Fuel volume to be heated: 50 Liters
Initial fuel temperature: -30°C
Target fuel temperature: 0°C
Specific heat capacity of diesel fuel (c_p): Approximately 2.0 kJ/kg·K
Density of diesel fuel (ρ): Approximately 850 kg/m³

Required Heat Energy (Q_{fuel}):

$m_{fuel} = V \cdot \rho = 50 \cdot 0.85 = 42.5$ kg
$Q_{fuel} = m_{fuel} \cdot c_p \cdot \Delta T = 42.5 \cdot 2.0 \cdot 30 = 2550$ kJ = 2.55 MJ
This indicates a significant power requirement, necessitating efficient ultrasonic transducer design and integration.

Estimated Power for Target Heating Time (Fuel):

Assuming an ultrasonic system can deliver effective power ($P_{ultrasonic}$), and we target a heating time of 5 minutes (300 seconds):
$P_{ultrasonic} = Q_{fuel} / \Delta t = 2550 / 300 = 8.5$ Kw

2.2.2 Window De-icing/Unfreezing

Ice accretion on windshields and sensor optics impairs visibility and sensor performance. Rapid de-icing is essential for operational readiness.

Assumed Values for Analysis of Ultrasonic Heating Capability:

Ice layer thickness: 3 mm (0.003 m)
Area to be de-iced: 0.5 m²
Initial ice temperature: -10°C
Target temperature: 0°C
Specific heat capacity of ice ($c_{p,ice}$): Approximately 2.1 kJ/kg·K
Latent heat of fusion (L_f): 334 kJ/kg
Density of ice (ρ_{ice}): Approximately 917 kg/m³
$m_{ice} = A \cdot d \cdot \rho_{ice} = 0.5 \cdot 0.003 \cdot 917 = 1.3755$ kg

Required Heat Energy (Q_ice):
$Q_{ice} = m_{ice} \cdot c_{p,ice} \cdot \Delta T + m_{ice} \cdot L_f$
$Q_{ice} = 1.3755 \cdot 2.1 \cdot 10 + 1.3755 \cdot 334 \approx 28.89 + 459.62 = 488.50$ kJ

Estimated Power for Target Heating Time (De-icing)
If we aim to de-ice the window in 1 minute (60 seconds)
For 1 minute (60 seconds):
$P_{ultrasonic} = 488.50 / 60 \approx 8.14$ kW
This highlights the need for effective ultrasonic transducers capable of delivering this power density to the ice layer, potentially via direct contact with the glass or a thin coupling layer [3].

3.RESULTS AND DISCUSSION

The ability of an ultrasonic heating system primarily base on the power level of its transducers and the efficiency of transferring acoustic energy to the target material. From calculations in Section 2.2.1, heating 50 liters of diesel fuel from -30°C to 0°C within 5 minutes (300 seconds) would require a constant power output of approximately 8.5 kW. For de-icing windows, the calculation in Section 2.2.2 left us with a requirement for approximately 8.14 kW to de-ice 0.5 m² of 3mm-thick ice at -10°C within 60 seconds. It is also likely that modern industrial ultrasonic generators and high power transducers can deliver such power levels. Commercial ultrasonic processors for industrial application, for instance, are power rated from 1 kW to 16 kW or more per unit on a regular basis. Considering these, the capability of an ultrasonic system to deliver the calculated energy for effective window de-icing as well as fuel heating are within reach. The ability to de-ice a critical area of visibility in seconds is a drastic improvement over conventional resistive de-icers that take more time and draw power for longer durations. In addition, ultrasonic heating can readily be used to provide the emergency pre-heating needs of military vehicle fuel systems for quick starts and prolonged operation at very low ambient temperatures [4]. The computations show that the required power levels (in the 5-10 kW range for the proposed rapid heating/de-icing uses) are within the capabilities of modern industrial ultrasonic equipment. If the integration problem is posed in terms of a military vehicle, however, the technical challenge is no longer a question of theoretical power delivery but one of practical rugged transducer design, miniaturized power electronics, and efficient energy transfer management within the electrical structure of the vehicle. The efficiency of ultrasonic heating by reducing heat loss and heating only necessary amounts means that while the power draw at any moment for the rate of heating can be extreme, the total energy consumed over time can be less than with more inefficient, slower systems. Therefore, well engineered ultrasonic equipment could potentially offer sufficient capacity to meet these demanding thermal management needs for military vehicles.

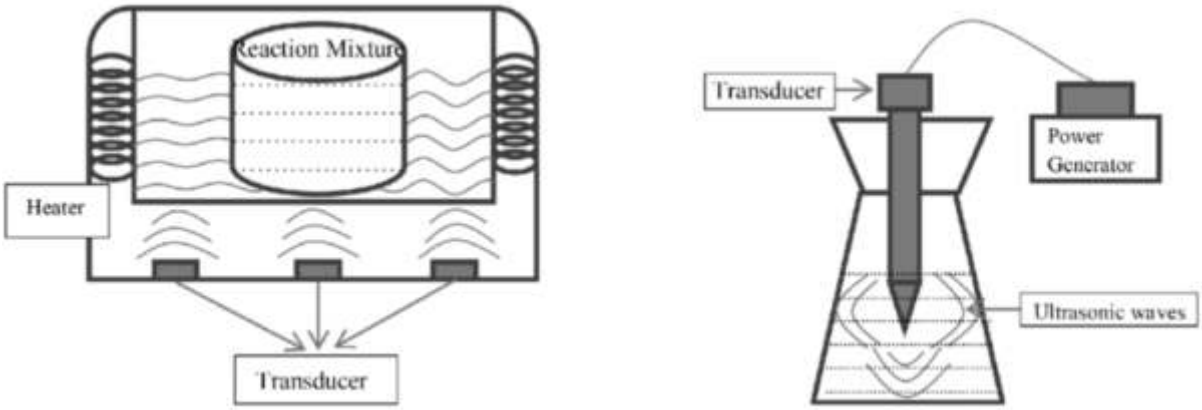


Figure.2 Common Ultrasonic Processing

Ultrasonic heating systems can potentially deliver extremely brief heating times, typically measurable in seconds to a few minutes for the proposed applications. The heating/de-icing capacity is directly proportional to the system power output and to the system efficiency of energy transfer. For instance, a high-power ultrasonic system could de-ice the windshield on a standard military vehicle in less than 60 seconds, and a high-level powered fuel pre-heater could bring a few liters of fuel up to its operating range in less than 5 minutes.

3.1 Disadvantages of Ultrasonic Heating for Military Vehicles

The high-power ultrasonic transducers, generators, and control electronics usually incurs a higher initial cost of purchase and integration compared to traditional heating components. While mostly robust, prolonged exposure to very high intensity ultrasonic vibrations can lead to material degradation, e.g., cavitation erosion in certain fluids or fatigue in solid materials. Avoidance of these effects requires good selection of materials and proper system design. Most efficient integration of ultrasonic transducers into standard vehicle architectures, particularly ensuring good acoustic coupling and power transfer, could require sophisticated engineering and design modifications [5]. Despite operating at frequencies far higher than human hearing range, high power ultrasonics will sometimes create secondary vibrations or low level acoustic noise. Such an aspect would need to be evaluated in sensitive military applications.

Beyond the direct effects on the target material, an important factor for military vehicle integration is the possibility that ultrasonic systems could create electromagnetic interference (EMI) or cause damage through vibrations to other sensitive subsystems. The high power converters and drivers needed for ultrasonic transducers can produce significant electromagnetic noise, which may disrupt communication, navigation, or electronic warfare equipment. Additionally, the high frequency mechanical vibrations could travel through the vehicle's chassis, impacting the stability and accuracy of delicate optical sensors, gyroscopes, or accelerometers. Over time, these vibrations might also lead to mechanical fatigue in mounting brackets or circuit board connections. However, these risks can be reduced through careful engineering practices. This includes using electromagnetic shielding, strong vibration isolation mounts for transducers, and designing durable components. While these concerns are valid, they represent engineering challenges that can be solved. Addressing them is necessary to fully harness the benefits of ultrasonic heating without compromising overall system reliability.

3.2 Advantages of Ultrasonic Heating for Military Vehicles

The capability to readily heat fuel or de-ice windows is paramount in military vehicles that must deploy rapidly in changing and often extreme cold weather conditions. This translates directly to fewer pre-operational delays. Ultrasonic systems reduce energy waste by converting electrical energy directly into localized heat in the target material [6]. This is a vital benefit for military vehicles that have limited power budgets and wish to maximize fuel efficiency. The miniaturization of ultrasonic transducers and elimination of cumbersome heating components or fluid circulation systems lead to a significant weight saving in system weight and installation space, both of which are high end design factors in military vehicle construction. With fewer moving parts and less complicated designs than certain conventional fluid based heating systems, ultrasonic solutions can feasibly translate to lower maintenance requirements and higher system availability.

4. CONCLUSION

Ultrasonic heating presents a robust and cutting edge technology solution to extreme thermal management problems in military vehicles, i.e., fuel heating and window de-icing. Its capability to deliver rapid, high rates, and localized heat directly inside the target material holds ramifications far greater than conventional methods simple and time sensitive operational scenarios. Whereas the added initial expense and concerns with materials compatibility and integration challenge must be considered very carefully by engineering, the large payoffs regarding added readiness for operations, greater energy efficiency, lightened weight, and improved safety easily position ultrasonic heating in a strong position as a very promising and possibly revolutionary technology worthy of vigorous further investigation, development, and eventual implementation on future military vehicle platforms. This technology has the potential to significantly enhance operational effectiveness and survivability of military systems in diverse global environments.

REFERENCES

1. M. Singla and N. Sit, "Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review," *ResearchGate*, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/349726451_Application_of_Ultrasound_in_Combination_with_Other_Technologies_in_Food_Processing_A_Review. Accessed: Aug. 4, 2025.

2. Ö. Jhansson and T. Pamidi, "Sustainable and energy efficient leaching of tungsten (W) by ultrasound controlled cavitation," *ResearchGate*, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/322552455_Sustainable_and_energy_efficient_leaching_of_tungsten_W_by_ultrasound_controlled_cavitation. Accessed: Aug. 1, 2025.

3. T. Martínez-Ramos, E. Corona-Jiménez and I. I. Ruiz-López, "Analysis of ultrasound-assisted convective heating/cooling process: Development and application of a Nusselt equation," *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 74, p. 105575, 2021. doi: 10.1016/j.ultsonch.2021.105575.

4. X. Tao and J. R. Wagner, "An engine thermal management system design for military ground vehicle - simultaneous fan, pump and valve control," *SAE Int. J. Passeng. Cars – Electron. Electr. Syst.*, vol. 9, no. 1, pp. 243–254, 2016. doi: 10.4271/2016-01-0310.

5. "Armament engineers use ultrasound to develop safer, better ordnance," *Army.mil*, 2015. [Online]. Available: https://www.army.mil/article/156807/armament_engineers_use_ultrasound_to_develop_safer_better_ordnance. Accessed: Jul. 25, 2025.

6. A. Carreira-Casais *et al.*, "Benefits and drawbacks of ultrasound-assisted extraction for the recovery of bioactive compounds from marine algae," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 17, p. 9153, 2021. doi: 10.3390/ijerph18179153.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PA VE PLA TABANLI POLİMER MATRİSLİ 3D YAZICI FİLAMENTLERİNDE TAKVİYE MALZEMELERİNİN MEKANİK VE FİZİKSEL DAVRANIŞLARA ETKİSİ

Hüseyin OTHAN
Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği
Sarsılmaz Silah Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi
ORCID0009-0003-6325-9001

Dr. Ahmet Oktay DEVECİLİ
Sarsılmaz Silah Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi
ORCID: 0000-0003-0770-3908

Dr. Öğr. Üyesi ERSİN TOPTAŞ
Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-6667-0638

Doç. Dr. Şenol ŞİRİN
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
ORCID0000-0002-3629-9003

ÖZET
Son yıllarda teknoloji alanındaki gelişmelere paralel olarak 3 boyutlu (3D) yazıcılar, hızlı prototipleme sayesinde ara ürünlerin üretilmesine ve son kullanıcıya fonksiyonel parçaların imal edilmesine imkân tanıdığından, kullanımı her geçen gün artmaktadır. Kullanım amacının çeşitlenmesi ve 3D yazıcı teknolojilerin gelişme periyoduna paralel olarak, yazıcılarda kullanılan yüksek performanslı malzemelerin de geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, malzeme özelliklerinin modifikasyonu ve çeşitlenmesi açısından kompozit malzemelerin kullanımı son yıllarda ön plana çıkmaktadır. Kompozit malzemeler; otomotiv, havacılık, savunma ve medikal alanları başta olmak üzere mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu kompozit malzemeler termal, mekanik, yorulma dayanımı vb. üstün özellik sergilediğinden, kritik bileşenlerin geliştirilmesi çalışmalarında yaygın olarak tercih edilmektedirler. Kompozit malzemelerin metal malzemelere kıyasla daha hafif, polimer malzemelere göre ise daha yüksek mukavemetli ve rijit olmaları nedeniyle kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Karbon fiber takviyesi ile, fazla ağırlık istenmeyen ancak yüksek mukavemet gerektiren uygulamalarda çelik ve benzeri metallerin yerine kompozit malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma, farklı polimer matrislerin ve bu matrislere eklenen takviye malzemelerinin eklemeli yığma imalat (FDM) yöntemiyle üretilen parçaların mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada iki farklı polimer malzeme ve bu malzemelerin karbon fiber takviyeli kompozit numuneler, FDM yöntemli 3D yazıcı kullanılarak üretilmiştir. Performans göstergesi olarak, üretilen numunelerin çekme testleri, yüzey pürüzlülük ve sertlik uygulanarak malzemelerin mekanik davranışları incelenmiştir. Karbon fiber takviyesi ile birlikte PA üzerinde mukavemet açısından anlamlı iyileştirmeler tespit edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca PLA numuneler ile PA numuneler arasındaki performans farkları da değerlendirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: PLA, PA, Karbon Fiber, Kompozit, 3D Yazıcı, FDM, Mekanik Test

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE EFFECT OF REINFORCEMENT MATERIALS ON THE MECHANICAL AND PHYSICAL BEHAVIORS OF PA- AND PLA-BASED POLYMER MATRIX 3D PRINTING FILAMENTS

ABSTRACT

In recent years, parallel to technological advancements, the use of three-dimensional (3D) printers has been steadily increasing, as they enable the production of intermediate products through rapid prototyping and the manufacturing of functional parts for end-users. Alongside the diversification of applications and the development of 3D printing technologies, there has been a growing need for the development of high-performance materials used in these printers. In this context, the utilization of composite materials has come to the forefront in recent years due to their potential for modifying and diversifying material properties. Composite materials are widely employed in engineering applications, particularly in the automotive, aerospace, defense, and medical fields. Moreover, these composites are frequently preferred in the development of critical components, as they exhibit superior properties such as thermal resistance, mechanical strength, and fatigue performance. Compared to metallic materials, composites are lighter, while offering higher strength and stiffness compared to polymers, leading to an expansion in their application areas. With the reinforcement of carbon fibers, composite materials have increasingly been used as alternatives to steel and similar metals in applications where low weight and high strength are required. This study investigates the effects of different polymer matrices and their reinforced composites on the mechanical properties of parts produced using the fused deposition modeling (FDM) method. Two different polymer materials and their carbon fiber-reinforced composite counterparts were fabricated with an FDM-based 3D printer. As performance indicators, tensile tests, surface roughness, and hardness measurements were conducted to evaluate the mechanical behavior of the produced samples. Significant improvements in strength were observed in polyamide (PA) samples reinforced with carbon fibers. Additionally, the study comparatively evaluated the performance differences between polylactic acid (PLA) and PA specimens.

Keywords: PLA, PA, Carbon Fiber, Composite, 3D Printing, FDM, Mechanical Testing

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

YÜKSEK HIZLI VE STANDART TİP TAKIM TUTUCULARIN FREZELEME İŞLEMLERİNDEKİ PERFORMANSININ KARŞILAŞTIRILMASI: YÜZEY KALİTESİ VE KESİCİ TAKIM AŞINMA ANALİZİ

Adem Murat TURAN
Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0009-0006-0393-031X

Doç. Dr. Ayhan ETYEMEZ
Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-8188-2743

ÖZET
Bu çalışmada, frezeleme işlemlerinde yüksek hızlı tip ve standart tip kesici takım tutucuların performansı, yüzey kalitesi ve kesici takım aşınması kriterleri açısından karşılaştırılmıştır. Deneyler, AISI 1045 orta karbolu çelik malzeme (blok ölçüsü 100×50×50 mm) üzerinde, çapı 10 mm olan TiAlN kaplamalı, 4 ağızlı karbür parmak freze takımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İşlemler sırasında kesme hızı 120 m/dk, devir sayısı 3820 dev/dk, ilerleme 0,03 mm/diş (toplam ilerleme 458 mm/dk), kesme derinliği 1 mm ve yan adım 2 mm olarak belirlenmiştir. Soğutma koşulları kuru ve minimum miktarda yağlama (MQL) olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmıştır. Her iki tutucu için işleme süresi eşit olarak 3 dakika tutulmuş ve toplamda 4–5 geçişte işlem tamamlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Ra değeri üzerinden yapılmış, takım aşınmaları ise optik mikroskop ile yanak aşınması (VB) ve krater aşınması esas alınarak incelenmiştir. Bulgular, takım tutucu tipinin hem yüzey pürüzlülüğü hem de aşınma üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek hızlı tutucu kullanıldığında daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri ve daha az aşınma eğilimi elde edilmiştir. Standart tip tutucuda ise artan titreşimler ve daha yüksek salgı sebebiyle yüzey kalitesi olumsuz etkilenmiş ve aşınma daha hızlı gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, yüksek hızlı kesici takım tutucuların doğru koşullarda kullanılmasıyla daha kaliteli yüzeyler elde edilebileceği, takım ömrünün uzatılabileceği ve endüstriyel uygulamalarda üretim verimliliğine katkı sağlanabileceği belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: takım tutucu, frezeleme, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması, MQL

COMPARISON OF PERFORMANCE OF HIGH-SPEED AND STANDART TYPE HOLDERS IN MILLING OPERATION: SURFACE QALITY AND CUTTING TOOL WEAR ANALYSIS

ABSTRACT
In this study, the performance of high-speed type and standard type cutting tool holders in milling operations was compared in terms of surface quality and tool wear criteria. The experiments were conducted on AISI 1045 medium-carbon steel workpieces (block dimensions 100×50×50 mm) using a 10 mm diameter, 4-flute, TiAlN-coated carbide end mill. During machining, the cutting parameters were set as follows: cutting speed of 120 m/min, spindle speed of 3820 rpm, feed rate of 0.03 mm/tooth (total feed 458 mm/min), depth of cut of 1 mm, and step-over of 2 mm. Two different cooling conditions were applied: dry machining and minimum quantity lubrication (MQL). The machining time was kept constant at 3 minutes for each holder, and the process was completed in 4–5 passes.

Surface roughness was measured in terms of Ra values, while tool wear was examined using an optical microscope, considering flank wear (VB) and crater wear. The findings revealed that the type of tool holder had a significant effect on both surface roughness and tool wear. In particular, the use of high-speed holders resulted in lower surface roughness values and a slower wear tendency. On the other hand, standard type holders exhibited increased vibrations and higher run-out, which negatively affected surface quality and accelerated wear. Consequently, it was determined that the proper use of high-speed cutting tool holders can lead to improved surface quality, extended tool life, and contribute to productivity in industrial applications.
Keywords: tool holder, milling, surface roughness, tool wear, MQL

GİRİŞ

Frezeleme, talaşlı imalat yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılan işlemlerden biridir. Yüksek boyutsal hassasiyet, yüzey kalitesi ve üretim verimliliği sağlaması nedeniyle özellikle otomotiv, havacılık ve kalıp sektörlerinde yoğun olarak tercih edilmektedir (Altan, 2012). Frezeleme operasyonlarının başarısı yalnızca kesici takımın özelliklerine değil, aynı zamanda takımın bağlanma biçimine ve kullanılan takım tutucu tipine de bağlıdır. Takım tutucular, kesici takım ile tezgâh mili arasındaki bağlayıcı elemanlar olarak; titreşim davranışı, salgı miktarı, yüzey kalitesi ve takım ömrü üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Literatürde, takım tutucu tipinin özellikle yüksek devirli frezeleme operasyonlarında kritik bir parametre olduğu belirtilmektedir (Denkena & Biermann, 2014). Standart tip takım tutucular, düşük maliyet ve yaygın kullanım avantajı sunarken, yüksek devirlerde titreşim ve salgı sorunları nedeniyle yüzey kalitesi ve takım ömrünü olumsuz etkileyebilmektedir. Buna karşılık yüksek hızlı tip tutucular, daha rijit bir bağlantı ve düşük salgı ve titreşim özellikleri sayesinde yüzey kalitesini iyileştirmekte ve takım aşınmasını azaltmaktadır (Özel & Karpat, 2007).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, takım tutucu seçiminde yalnızca kesme parametrelerinin değil, aynı zamanda dinamik davranışların da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Örneğin, Munoa ve arkadaşları (2016), yüksek hızlarda kullanılan uygun tutucuların titreşim genliğini azaltarak işlenmiş yüzey kalitesini artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Budak (2013), frezeleme işlemlerinde uygun takım tutucu seçiminin, talaş kaldırma verimliliği ve takım ömrü açısından kritik olduğunu vurgulamıştır.

Bu bağlamda, bu çalışmada AISI 1045 orta karbon çeliğinin frezelenmesi sırasında yüksek hızlı tip ve standart tip takım tutucuların performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmada yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması kriterleri esas alınmış, elde edilen bulgular literatürdeki çalışmalarla değerlendirilerek takım tutucu seçiminin endüstriyel uygulamalardaki önemi ortaya konmuştur.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada, frezeleme deneyleri AISI 1045 orta karbon çeliği (blok ölçüsü: 100×50×50 mm) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kesici takım olarak, çapı 10 mm olan, 4 ağızlı, TiAlN kaplamalı karbür parmak freze ucu kullanılmıştır. Deneyler, CNC dik işleme merkezinde iki farklı takım tutucu tipinde yapılmıştır: standart tip takım tutucu ve yüksek hızlı tip takım tutucu.

Şekil 1. CNC tezgahı (Hermle C30U dik işleme merkezi)

Şekil 2. Deneylerde kullanılan takım tutucular (solda yüksek hızlı, sağda standart tip)

Deney parametreleri sabit tutulmuş ve Tablo 1'de verilmiştir.
Kesme hızı (Vc): 120 m/dk
Devir sayısı (n): 3820 dev/dk
İlerleme (fz): 0,03 mm/diş
Toplam ilerleme (Vf): 458 mm/dk
Kesme derinliği (ap): 1 mm
Yan adım (ae): 2 mm
Soğutma koşulu: Kuru ve Sulu
İşleme süresi: 2,5 dk (her tutucu)
Not: Başlangıçta deneyler kuru ve MQL koşullarında planlanmış olmasına rağmen, MQL sistemi mevcut olmadığı için ikinci koşul olarak sulu soğutma uygulanmıştır.

Her iki tutucu için işleme süresi eşit olarak 2,5 dakika tutulmuş ve toplamda 10-11 geçiş yapılmıştır.

Şekil 3. İşlenmemiş deney numunesi (AISI 1045 çelik blok, 100×50×50 mm)

Şekil 4. İşlenmiş deney numunesi (kuru ve sulu koşullar sonrası)

Not: Planlama aşamasında deneylerin 3 dakika ve 4–5 geçişte yapılması öngörülmüş olmasına rağmen, gerçek deneylerde işleme süresi 2,5 dakika ve geçiş sayısı 10–11 olarak gerçekleşmiştir.
Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Ra parametresi üzerinden taşınabilir yüzey pürüzlülük cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Şekil 5. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı (Mitutoyo SJ-210)

Şekil 6. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılırken

Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

	Tutucu	Soğutma	Ra (µm)
1	Yüksek Hızlı	Islak	0.9
2	Standart	Islak	1.4
3	Yüksek Hızlı	Kuru	1.0
4	Standart	Kuru	1.55

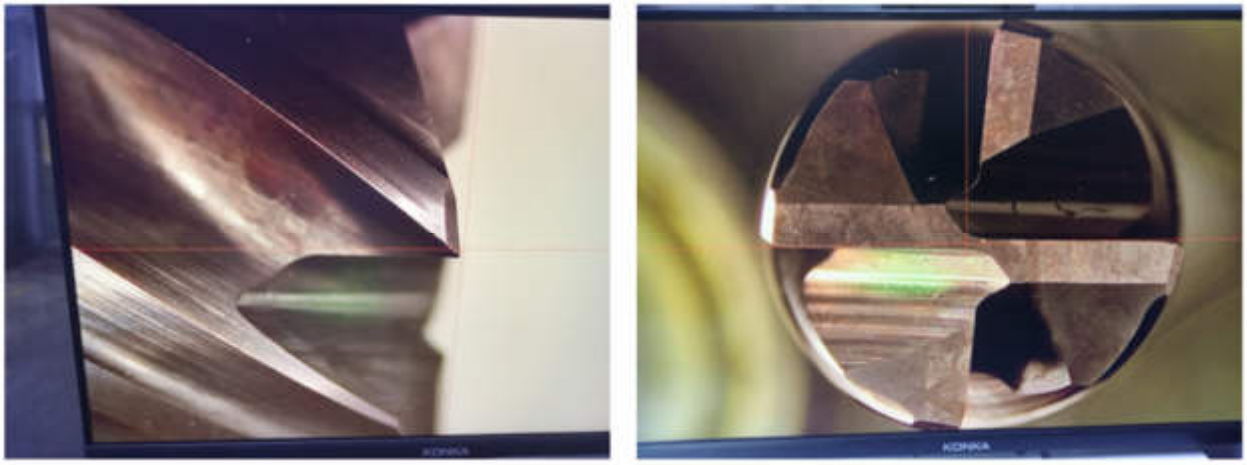
Şekil 7. İşlenmiş malzeme yüzeylerinin karşılaş.

Şekil 8. Yüzey pürüzlülüğü Sonuçları Grafiği

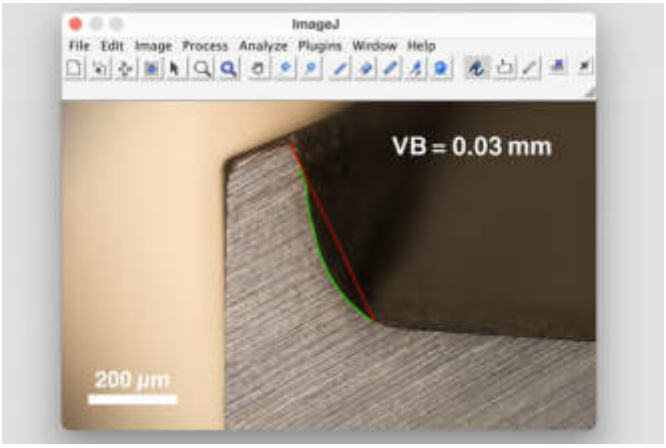
Kesici takım aşınmaları ise optik mikroskop ile değerlendirilmiş, yanak aşınması (VB) ve krater aşınması temel kriterler olarak esas alınmıştır.

Şekil 9. Takım aşınma incelemelerinde kullanılan optik mikroskop

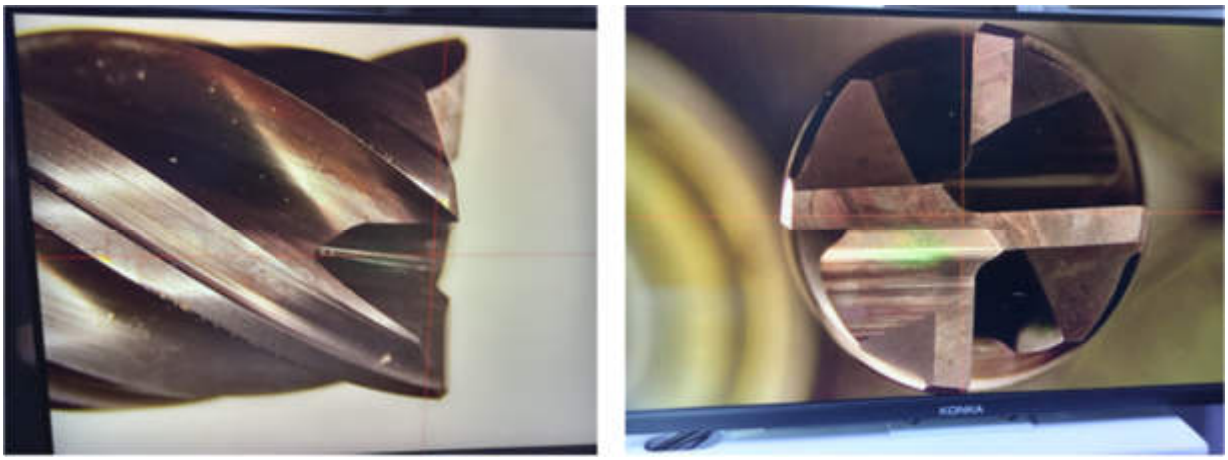
Şekil 10. Deneyde Kullanılan Parmak Frezeler



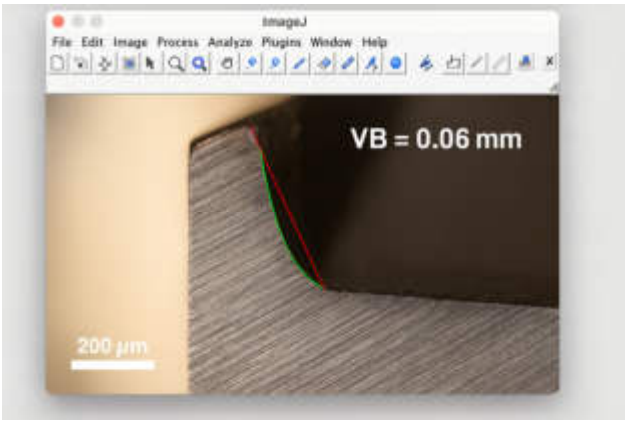
Şekil 11. Yüksek hızlı tip tutucuda sulu kesme koşullarında takım aşınması



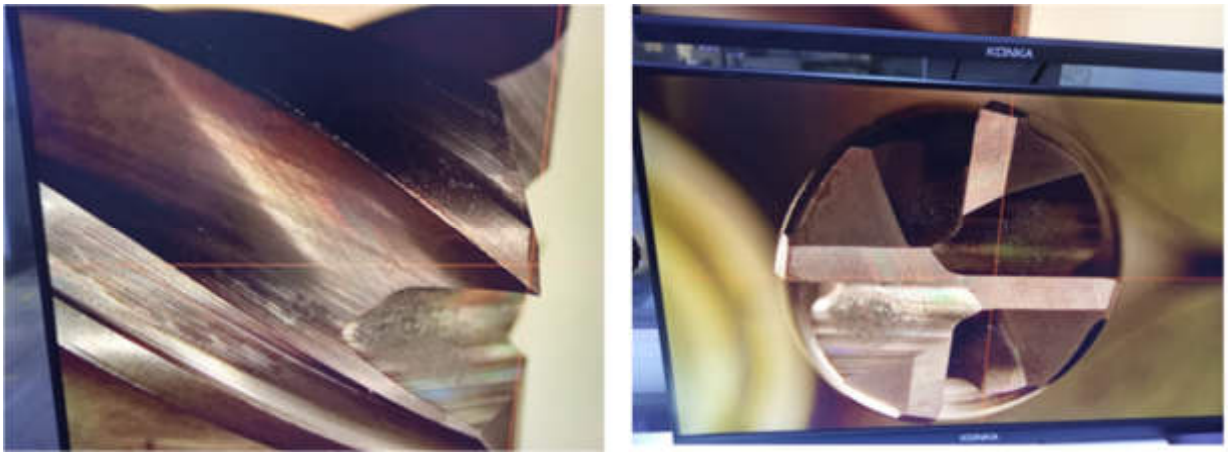
Şekil 12. Yüksek hızlı tip tutucuda sulu kesme koşulunda elde edilen aşınma ölçüm sonuçları (ImageJ analizi).



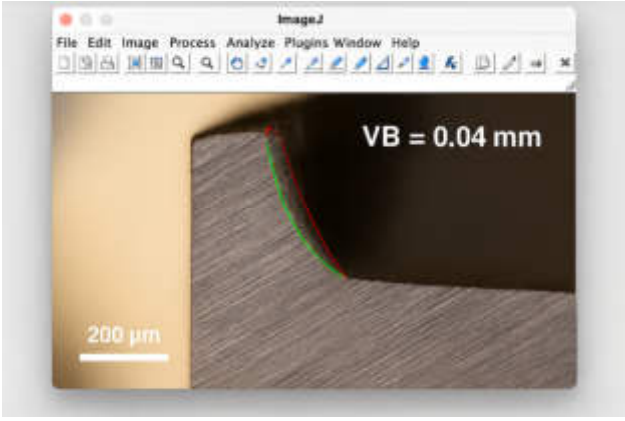
Şekil 13. Standart tip tutucuda sulu kesme koşullarında takım aşınması



Şekil 14. Standart tip tutucuda sulu kesme koşulunda elde edilen aşınma ölçüm sonuçları (ImageJ analizi).

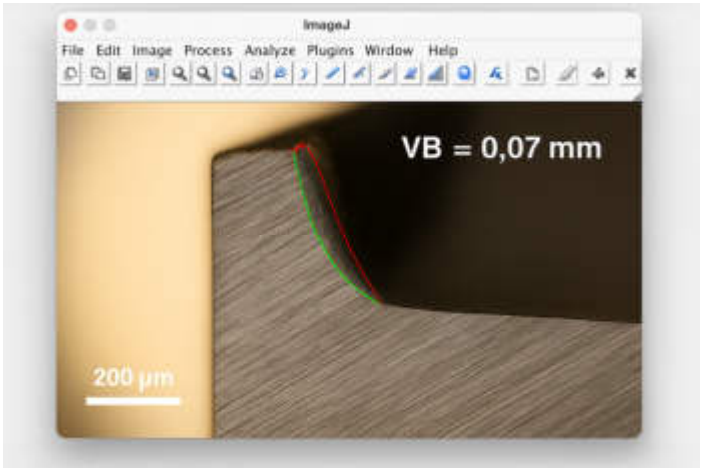


Şekil 15. Yüksek hızlı tip tutucuda kuru kesme koşullarında takım aşınması



Şekil 16. Yüksek hızlı tip tutucuda kuru kesme koşulunda elde edilen aşınma ölçüm sonuçları (ImageJ analizi).

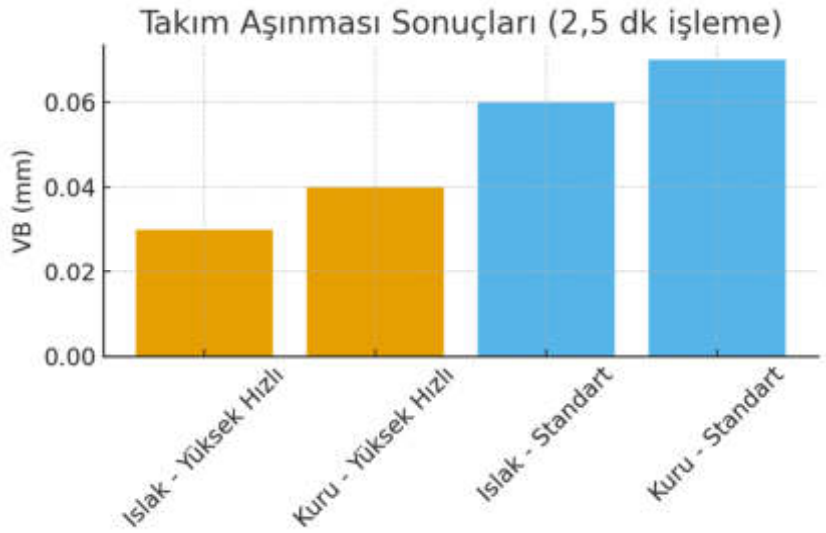
Şekil 17. Standart tip tutucuda kuru kesme koşullarında takım aşınması



Şekil 18. Standart tip tutucuda kuru kesme koşulunda elde edilen aşınma ölçüm sonuçları (ImageJ analizi).

Tutucu	Soğutma	VB (mm)
Yüksek Hızlı	Islak	0.03
Yüksek Hızlı	Kuru	0.04
Standart	Islak	0.06
Standart	Kuru	0.07

Şekil 19. Takım Aşınması Sonuçları Karşılaştırılması



Şekil 20. Takım Aşınması Sonuçları Grafiği

Deney sonuçları, takım tutucu tipinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Yüksek hızlı tip tutucu kullanıldığında, standart tip tutucuya kıyasla daha düşük Ra değerleri elde edilmiştir. Özellikle sulu soğutma koşullarında, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde belirgin bir iyileşme gözlenmiştir. Yüksek hızlı tip tutucuda, yanak aşınması (VB) ilerlemesinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Standart tip tutucuda ise artan titreşimler ve yüksek salgı etkisiyle aşınma daha hızlı gerçekleşmiştir. Kuru kesme ile sulu soğutma koşulları kıyaslandığında, sulu soğutma'nin hem yüzey pürüzlülüğü hem de aşınma açısından daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Bulgular, literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumludur. Örneğin, Özel ve Karpat (2007) yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme parametrelerinin ve takım tutucu tipinin belirleyici olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Budak (2013), uygun tutucu tipinin seçilmesinin titreşimleri azaltarak hem yüzey kalitesini hem de takım ömrünü iyileştirdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da yüksek hızlı tip tutucuların özellikle yüksek hassasiyet gerektiren operasyonlarda tercih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, frezeleme işlemlerinde kullanılan yüksek hızlı tip ve standart tip takım tutucuların yüzey kalitesi ve takım aşınması açısından performansları karşılaştırılmıştır. Deneyler AISI 1045 orta karbon çeliği üzerinde, aynı kesme parametreleri ve eşit işleme süresi koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, yüksek hızlı tip tutucu, standart tutucuya kıyasla daha düşük yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri sağlamıştır. Yüksek hızlı tutucuda takım aşınmasının ilerlemesi daha yavaş gerçekleşmiştir. Bu durum, daha kararlı bağlama ve daha düşük salgı ve titreşim özelliğinden kaynaklanmaktadır. Standart tip tutucu, artan titreşim ve salgı nedeniyle hem yüzey kalitesini olumsuz etkilemiş hem de takım ömrünü kısaltmıştır. Sulu soğutma koşullarında, kuru kesmeye kıyasla yüzey kalitesi daha yüksek, takım aşınması ise daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak, doğru koşullarda kullanılan yüksek hızlı takım tutucuların, frezeleme operasyonlarında daha kaliteli yüzeyler elde edilmesine, takım ömrünün uzatılmasına ve endüstriyel üretimde verimliliğin artırılmasına katkı sağladığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlar, takım tutucu seçiminde yalnızca ekonomik değil aynı zamanda teknik performans kriterlerinin de dikkate alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Altan, T. (2012). Manufacturing of dies and molds. CIRP Annals, 41(2), 621–630. https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)61703-7

Budak, E. (2013). Dynamics of milling and tool holder design. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 135(6), 061005. https://doi.org/10.1115/1.4025372

Denkena, B., & Biermann, D. (2014). Cutting edge geometries. CIRP Annals, 63(2), 631–653. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.05.007

Munoa, J., Beudaert, X., Dombovari, Z., Altintas, Y., Budak, E., Brecher, C., & Stepan, G. (2016). Chatter suppression techniques in metal cutting. CIRP Annals, 65(2), 785–808. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.004

Özel, T., & Karpat, Y. (2007). Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45(4–5), 467–479. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2004.12.001

Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2016). Metal cutting theory and practice (3rd ed.). CRC Press.

Trent, E. M., & Wright, P. K. (2000). Metal cutting (4th ed.). Butterworth-Heinemann.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

YIKIM SONRASI İNŞAAT BETON ATIKLARININ BETON ÜRETİMİNDE YENİDEN KULLANILABİLİRLİĞİ

Doç. Dr. Abdulrezzak BAKIŞ
Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-7487-884X

ÖZET
İnşaat ve yıkım atıklarının geri dönüşümü, inşaat sektörünün çevresel etkisini azaltmaya yardımcı olan döngüsel ekonomiye katkıları nedeniyle dünya çapında yaygın olarak araştırılmaktadır. İnşaat atıkları geri dönüşümü, doğal kaynakların korunmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Nüfus artışı ve değişen tüketim alışkanlıkları, doğal kaynaklarımızın bozulmasını hızlandırmıştır. Bu nedenlerle, yüksek kaynak değerli bileşenlerin geri dönüşüm ve yeniden kullanıma hazırlanmasıyla inşaat ve yıkım malzemelerinin sürdürülebilir yönetimi sağlanmalıdır. Eski veya kullanılamaz hale gelmiş bir yapı yıkılacağı zaman, kalan beton artıkları ile ilgili sorunlar ortaya çıkar. Ancak beton, birçok farklı amaç için kullanılabilen çok yönlü bir malzeme olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Yıpranmış beton yollar ve yıkılmış eski binalar, beton geri dönüşüm tesisinde ayrıştırılarak yeniden kullanıma hazır granül malzemeye dönüştürülebilir. Geri dönüştürülmüş beton agregaları, yol yapımı ve bakımında temel dolgu malzemesi olarak sıklıkla kullanılır. Bu araştırmada, öncelikle kırılmış kireçtaşından üretilen C30/37 betonunun mekanik ve fiziksel özellikleri ele alındı. İkinci olarak, bu betondan elde edilen geri dönüştürülmüş malzemenin normal agrega olarak veya uygulamalarda beton üretiminde kullanılıp kullanılamayacağı araştırıldı. Kalkerle hazırlanan referans betonlarında, C30/37 normal dayanımlı beton sınıfına uygun olarak 0–4 mm, 4–8 mm ve 8–16 mm kalker agregaları kullanıldı. Referans beton karışımlarında hiçbir şekilde atık kalker agregası kullanılmadı. Referans beton için hazırlanan küp numuneler deneylerin ardından konkasörde kırılarak inşaat yıkıntı ve atığı olarak değerlendirilip tekrar kullanılmak üzere agrega haline getirilmiştir. Her bir beton tipi için 7 gün standart su kürü ve kombine kür olmak üzere 2 farklı kür uygulandı. Kombine kür olarak her beton tipi önce 5 gün standart su kürü ve ardından 2 gün 150^{o}C etüv kürüne alındı. Kür sonrası tüm beton numunelere basınç ve eğilme deneyleri yapıldı. Bu çalışma ile inşaat sektöründe oluşan yıkıntı atıkların geri dönüşüm malzemesi olarak tekrardan kullanımının etkileri amaçlandı.
Anahtar Kelimeler: İnşaat yıkıntı atığı, Geri dönüştürülmüş agrega, Geri dönüştürülmüş beton, Basınç dayanımı, Eğilme dayanımı.

REUSABILITY OF POST-DEMOLITION CONSTRUCTION CONCRETE WASTE IN CONCRETE PRODUCTION

ABSTRACT
It's known that construction debris constitutes a significant portion of solid waste. Given limited natural resources, this debris must be recycled. Recycling of construction and demolition waste has been widely studied worldwide due to its contributions to circular economy which helps to reduce the environmental impact of the construction industry. Construction waste recycling can considerably contribute to the preservation of natural resources. The growth in population and the changing consumption habits have accelerated the degradation of our natural resources.

For these reasons, sustainable management of construction and demolition materials has to be achieved by preparing high resource value components for recycling and re-use. When an outmoded or unusable structure is to be demolished, problems are associated with the remaining concrete debris. However concrete holds great potential as a versatile material that can can be used for many different purposes. Worn out concrete roads, demolished old buildings which are to be decomposed and seperated at a concrete recycling plant could be reprocessed into granulated material ready for re-use. Recycled concrete aggregates are frequently used as basic filling material in road construction and maintenance. In this research, first of all the mechanical and physical properties of C30/37 concrete produced from crushed limestone are discussed. Secondly, it was investigated whether the recycled material obtained from this concrete could be used as normal aggregate or in concrete production in applications. In the reference concretes prepared with limestone, 0–4 mm, 4–8 mm and 8–16 mm limestone aggregates were used in accordance with the C30/37 normal strength concrete class. No waste limestone aggregate was used in the reference concrete mixtures. The cube samples prepared for the reference concrete were crushed in a crusher after the tests and converted into aggregate for reuse, which were considered construction debris and waste. Two different curing were applied to each concrete type, a 7-day standard water curing and a combined curing. For the combined curing, each concrete type was first subjected to 5-day standard water curing and then 2-day 150ºC oven curing. After curing, compression and bending tests were performed on all concrete samples. This study aimed to investigate the effects of reusing demolition waste generated in the construction industry as recycling material.

Keywords: Construction rubble waste, Re-cycled aggregate, Re-cycled concrete, Compressive strength, Bending strength.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ATATÜRK BARAJINDA BELİREN OTURMALARIN YENİ BİR DEĞERLENDİRMESİ

Davut YILMAZ
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering
ORCID: 0000-0002-9981-7875

Akın ÖNALP
Sakarya University
ORCID: 0000-0003-1906-0153

Ahmet Can MERT
Bahçeşehir University
ORCID: 0000-0002-2483-1330

ÖZET
1990'da tamamlanmış olan Atatürk Baraji kaya/toprak dolgu hidrolik yapılar arasında dünyada en yükseklerden biridir. 2023 Kahramanmaraş/Hatay depremlerinde 45Km uzaklıktaki DAF M_w=7.8 büyüklüğünde bir deprem üretmiş ancak fayın baraj yakınındaki Bozova Segmenti hareketlenmemiştir. Gövdede önemsenecek hareket oluşmamışsa da bölgedeki sismik aktivitenin sürdüğü gözönüne alındığında baraj dolgusunun güncel durumunu değerlendirme konusu önem kazanmıştır. Eldeki bilgiler gözden geçirildiğinde barajın yapım aşamasından başlayarak önemli sorunların belirdiği görülmüştür. Örneğin, krette ölçülmüş toplam oturmaların (~11.7m) 2014'te dolgu yüksekliğinin %6'sı gibi, benzerlerinde %1'i geçmeyen önemli bir değere ulaştığı görülmüştür. Bunun nedeni araştırıldığında oturmaların kaya dolgunun imal yöntemi ve de dolgu tamamlanmadan gölde su tutulmağa başlanmasından kaynaklandığı görülmüştür. Kaya dolgunun sıkıştırılması sırasında su kullanılmadığından erken su tutma sonucu bu zon'u oluşturan bazaltın ıslanmasıyla beklenenden fazla sıkışma gerçekleşmiş, bu da kil çekirdeğin aşırı kayma gerilmeleri alarak yüksek oturma hareketleri yapmasını sağlamıştır. Kuru kalan üst bölümlerde çökme olmayıp, tersine bir kemerlenme mekanizması geliştiğinden, alt bölümdeki killerin sızıntı etkisi altında erozyonla filtre, buradan da kaya dolgunun içine göç ettiği anlaşılmaktadır. Bunun kanıtı filtre ve kaya dolgu zon'larında önemli düzeyde boşluk suyu basınçları kaydedilmiş olmasıdır. Bu barajdan sonra İran'da yapılmış (1997-2000) Masjed-E-Soleyman barajında belirmiş benzer hareketlerin dolgunun vadiye dayandığı bölgelerde oluşan düşük gerilmeler ve çatlamalar sonucu geliştiği yorumu yapılmıştır. Atatürk Barajında dolguların düşük eğimleri göçme riskinin düşük kalmasını sağlamış ise de, olası deprem durumunda güncel haliyle nasıl bir davranış göstereceği araştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Kaya Dolgu, Oturma, Kil Çekirdek, Kuru Sıkıştırma, Kemerlenme

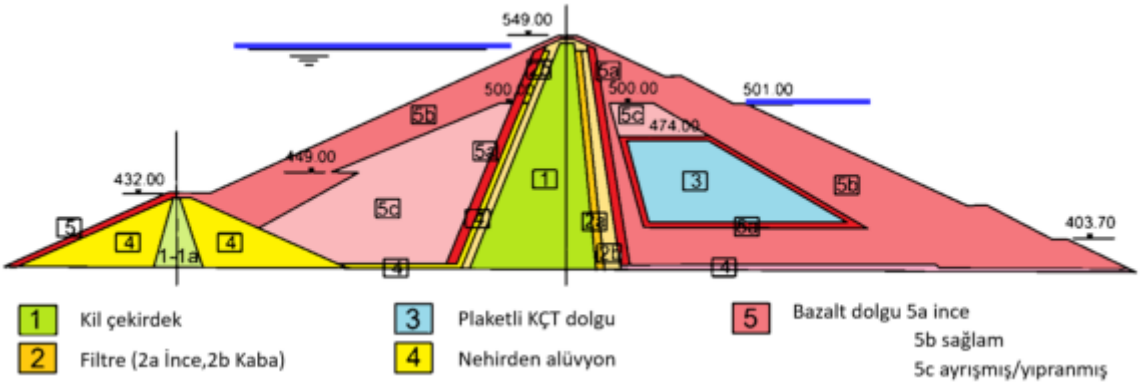
EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

A RE-EVALUATİON OF SETTLEMENTS RECORDED AT THE ATATÜRK DAM

ABSTRACT
Atatürk Dam, completed in 1990, is one of the highest rock/earth fill hydraulic structures in the world. The dam has been recorded as one of the important achievements of Turkish civil engineering. In the 2023 Kahramanmaraş/Hatay earthquakes, East Anatolian Fault NAF, 45 km away, produced an earthquake of M_w = 7.8 magnitude, but the Bozova segment of the fault which is near the dam, did not rupture. The ongoing seismic activity in the region has necessitated re-evaluating the current condition of the dam despite the fact that no significant movements on the dam body was observed during the earthquake. However, when the available information was reviewed, it was seen that settlement problems had emerged starting from the construction phase of the dam. For example, it was observed that the total crest settlement measured reached a significant value of approximately 6% of the total fill height (~11.7m) in 2014, which does not exceed 1% at similar dams. It was seen that the settlements were caused by the manufacturing method of the rock fill and the raising of the water level in the lake before the fill was completed. Since sluicing was not used during the compaction of the rockfill, collapse was observed during impounding due to its saturation, resulting in excessive shear stresses causing settlements of the clay core. Upper levels of the clay core remained dry and developed an arching mechanism which led to the erosion of the lower saturated clay material under seepage forces into the filters and subsequently into the rockfill. The proof of this observation was that equal porewater pressures were recorded in the downstream filters and the rockfill. It is known that similar movements that occurred in the Masjed-E-Soleyman dam, built in Iran (1997-2000) after the Atatürk Dam, developed as a result of low stresses and cracks in the regions where the embankment rests on the abutments. Although the low slopes of the embankment in the Atatürk Dam ensured that the risk of collapse was low, the investigation was extended to understanding the behaviour of the dam in the event of the probable earthquake in its current condition.
Keywords: Rockfill, Settlement, Clay Core, Dry Compaction, Arching

1. GİRİŞ
Cumhuriyetin en önemli bayındırlık girişimlerinden Güneydoğu Anadolu Projesinin (GAP) kalbi olan Atatürk Barajı'nın yapımına Kasım 1983'te da başlanmış, 1990'da su tutulmuştur. 174m yükseklikle dünyanın en büyük toprak/kaya dolgu yapılarından biri olan bu barajda başlangıçtan beri düşey ve yatay hareket problemleri yaşanmaktadır. Bu nedenle 2023 yılında M_w=7.8 büyüklükteki Kahramanmaraş depremleri sonrasında dolgunun güncel durumunu gözden geçirmek gerekli olmuştur. Baraj Doğu Anadolu Fayına (DAF) yaklaşık 40km uzaklıkta olduğundan ve deprem ivmeleri beklenenden düşük olması sebebiyle yıkıcı etki almamıştır. Bunda barajın yakınında bulunan, DAF'nı kesen Bozova Kolu'nda hareketlenme olmamasının da payı vardır. Ancak, yapılan gözlem ve ölçümlemeler bu süreçte dolguda yine de belirgin hareketlerin geliştiğini göstermiştir. Bu bildiri baraj dolgusunda yaşanmış olan problemlerin açıklanması ve olası yeni depremde barajın güncel haliyle göstereceği davranışın anlaşılmasına yöneliktir.

2. BARAJ DOLGUSUNUN ÖZELLİKLERİ
Barajın maksimum yüksekliği 174m'dir. Dolgunun tipik hacmi $84.5x10^6$ m^3'tür. Şekil 1 dolgudan bir kesit göstermektedir. Burada dikkat çeken husus, kullanılmış olan farklı köken ve özellikteki gereçlerdir. Bunun dolgunun davranışına özellikle sismik koşullarda, nasıl bir etki yapacağı incelenmelidir.



Şekil 1. Barajdan Bir Kesit

Dolgunun en büyük bölümünü oluşturan gereç bazalttır [5a,5b,5c]. Bu gereç imalatta oldukça ince tabakalar (0.6-1.5m) halinde lakin kuru, olarak sıkıştırılmıştır. Birçok benzer dolguda su ile yerleştirildiğinde (*sluicing*) gerecin daha etkin kompakte olduğu bilgisi bulunmaktadır. Karakteristik kayma direnci açısı $\phi'=36°$, deformasyon modülü $E=0.029s+15$ MPa olarak verilmiştir.

'Plaketli' özgün adı verilmiş tabakalı kireçtaşından oluşturulan mansap dolgu bölgesinin [3] mekanik özellikleri bazalttan oldukça farklıdır. $c'=40$kPa, $\phi'=23°$ olan bu gerecin deformasyon modülü bazalttan farklı bir özellikle $E=14.76e^{0.0014s}$ MPa fonksiyonu ile temsil edilmiştir.

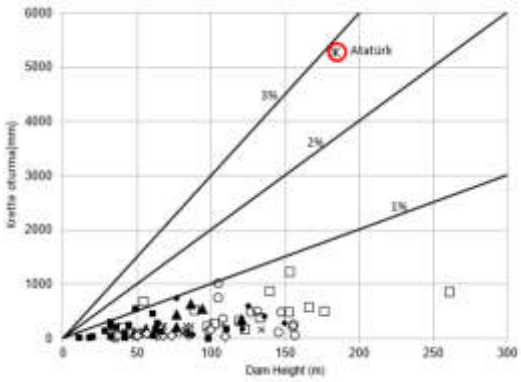
Barajın çekirdeği [1] yüksek plastisiteli (CH, $w_L=70$, $I_P=50$) kilin standard enerjide sıkıştırılması ile oluşturulmuştur. Parametreleri $c=30$kPa, $\phi'=7°$, $E=1.13s$ MPa olarak saptanmıştır. Casagrande (1950) optimum su muhtevasında sıkıştırılmış kil çekirdeğin küçük farklı oturmalara dahi tahammül edemediğini ve ortamda çatlaklar oluştuğunu öne süren ilk araştırmacıdır. Baraj gölünün hızla dolması ile gerilmelerin düşük olduğu bu ortamda hidrolik çatlama meydana gelmektedir (Sherard, 1973; Sherard, 1985; Fell vd., 2003).

Filtre gereçleri Terzaghi kriterlerine göre hazırlanmıştır. Ancak sonradan yapılan değerlendirmelerde filtre dane dağılım eğrilerinin standardın kaba tarafında kaldığı görülmüştür.

3. HAREKETLERİN YORUMLANMASI

İdari nedenlerle olsa gerek, dolgu imalatı tamamlanmadan gölde Ocak 1990'da su tutulmasına başlanmış, seviye Mart 1990'da 445 kotuna erişmiştir. 3 aylık beklemeden sonra temmuz ayında yeniden yükseltilen su seviyesi yıl sonunda 463'e varmıştır. Bu aşamada tamamlanmak üzere olan dolguda büyük oturmalar ve üst bölümde kayma belirmiştir (Şekil 2a). Öyle ki, bu sırada krete henüz yerleştirilmiş alet okuma kulübeleri dahi hasar görmüştür. O dönemde bu göçmenin gölde suyun zamansız yükseltilmesi değil, kompaksiyonu aşırı hızla bitirilen dolguda yükselen boşluk suyu basınçlarının etkisi ile oluştuğu görüşü ağırlık kazanmıştı. Yapılan ölçümlerden 1991 sonu itibarıyla krette oturmanın dolgu yüksekliğinin %3'ü gibi dünyadaki benzerlerinin çok üstünde bir değere ulaştığı Şekil 3'ten görülmektedir. Bunun ötesinde, oturmaların günümüzde en az 11m dolayında (%6) olduğu da yapılmış gözlemler arasındadır.

Şekil 2. Dolguda V-Şekilli Kayma Yüzeyinin Belirmesi
a) 2000'li yılların başında (b) 6 Şubat 2023 Depremi sonrası (DSİ Raporlarından)



Dolgu Yüksekliği (m)
Şekil 3. Krette Oturmaların Dünyada Diğer Dolgularla Karşılaştırması (Hunter ve Fell, 2003)

3.1. Bazaltın Davranışı

Dolgunun büyük bölümünü oluşturan bazalt kuru kompakte edildiğinden yukarıda değinildiği gibi ortalama efektif gerilmenin 3MPa dolayına yükseldiği ortamda dolgunun hızla doygun hale gelmesi ile önemli sıkışmalar göstermiştir. Kuru sıkıştırılan kaya dolguda özellikle bloklar ve iri danelerin dokunma noktalarında oluşan yüksek gerilmelerin ufalanmaya neden olduğu da deneyimle anlaşılmıştır. Yapımı Atatürk Barajı'na benzerlik gösteren İran'daki Masjed-E-Soleyman barajında da benzer sorunlar yaşandığı rapor edilmiştir (Soroush&Pourakbar,2021). Daha sonra yapılan laboratuvar deneylerinde bu kuru bazaltın ıslandığında %3'lük bir ek sıkışma göstereceği ölçülmüştür. Dolguda beliren sorunların kaynağında bazalt dolgu bölgesinde ıslanma sonucu oluşan ani sıkışmaların yattığı görülmektedir.

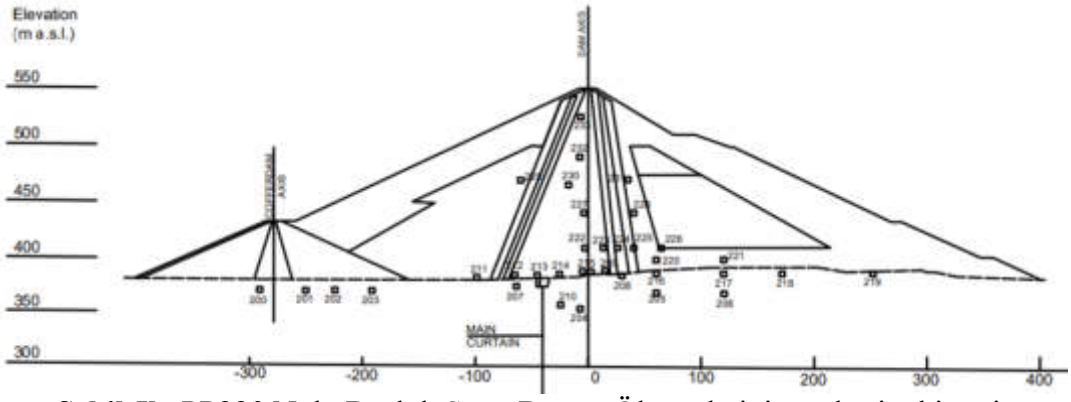
3.2. Çekirdeğin Davranışı

Yukarıda değinildiği gibi optimum su muhtevasında sıkıştırılmış yüksek plastisiteli killer gevreklik kazandığı için zamanla bünyesinde çatlakların geliştiği bilinmektedir. Diğer yandan, temel zeminindeki farklı oturmalar da bazı bölgelerde kemerleşmelerin oluşmasına neden olarak düşük gerilme bölgeleri oluşturmuştur.

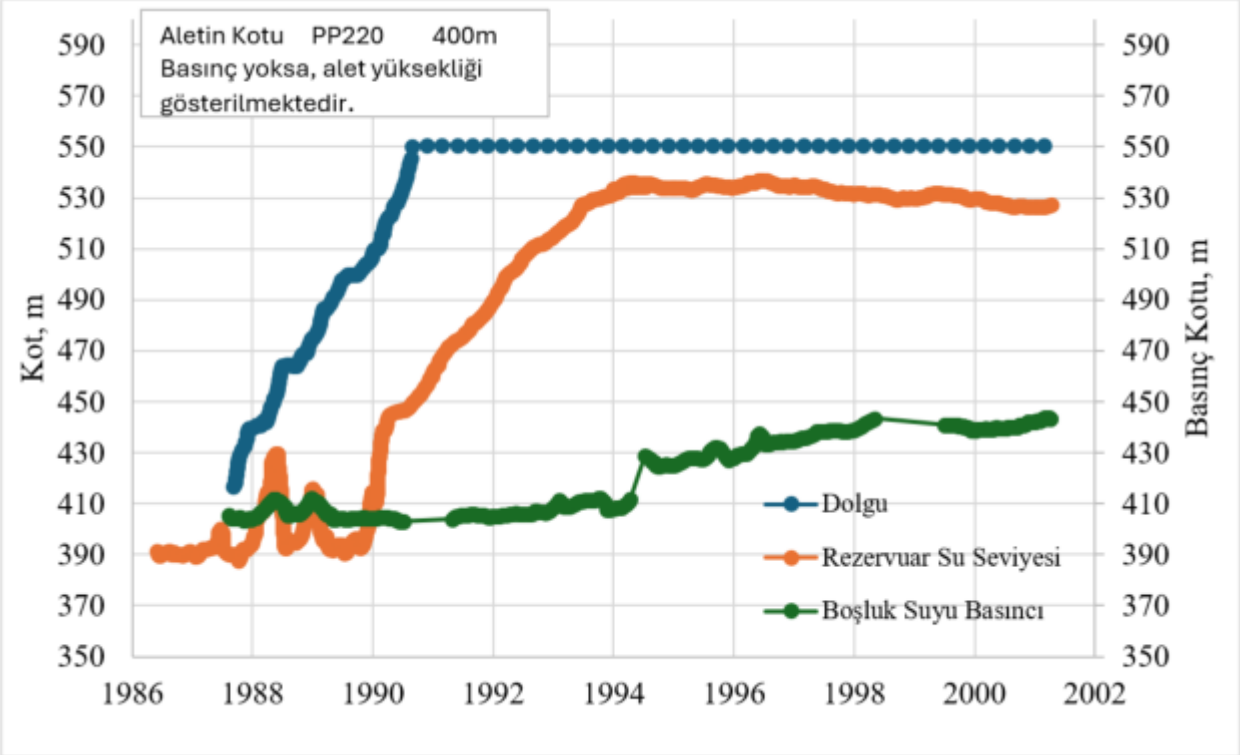
Kil çekirdekteki farklı oturmaların önemli bir nedeni eski nehir yatağı bölgesindeki ani kot değişimleri, kaya dolgu altında hiç yapılmadığı halde kil çekirdek altında farklı derinliklerde uygulanan konsolidasyon enjeksiyonları ile karstik bir yapıya sahip olan temel zeminin kısa mesafelerde farklı özellikler göstermesidir. Bu farklı oturmalar hem temel zeminine yerleştirilen ölçüm cihazlarıyla hem de galerilerde yapılan ölçümerle tespit edilmiştir. Örneğin, kil çekirdek altında yapılan enjeksiyonlar nedeniyle bu bölgede sadece 150mm'lik bir oturma kaydedilirken, bu değerin kaya dolgu altında 900mm mertebesinde gerçekleştiği bilinmektedir.

Şekil 4. Cut and cover galerisi üzerinde başlayan kil dolgu ve eski nehir yatağı civarındaki yükselti farkları (Resim Hasret Usta).

Gölde su seviyesinin 1988 taşkın mevsiminde ani yükselmesi sonucu su, karstik olan zeminden ve altında geçirimsizlik perdesi bulunmayan batardonun altından geçerek kil çekirdeğe ulaşmıştır. Kil çekirdek içindeki muhtemel çatlaklar ile düşük gerilme zonlarından geçerek hızlı bir şekilde geçerek barajın mansabına ulaşmıştır. Bu durum kil çekirdeğin mansabında drenaj zonunda dolgu içerisine yerleştirilmiş olan PP220 nolu boşluk suyu basınç ölçerde kaydedilmiştir (Şekil 5a).



Şekil 5b. PP220 Nolu Boşluk Suyu Basınç Ölçer aletinin en kesitteki yeri.

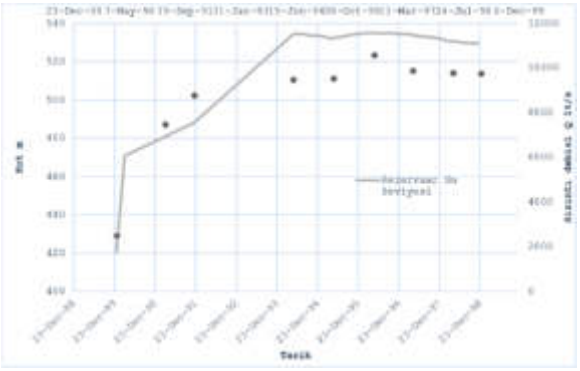


Şekil 5b. PP220 Nolu Boşluk Suyu Basınç Ölçer'de kaydedilen basınçlar

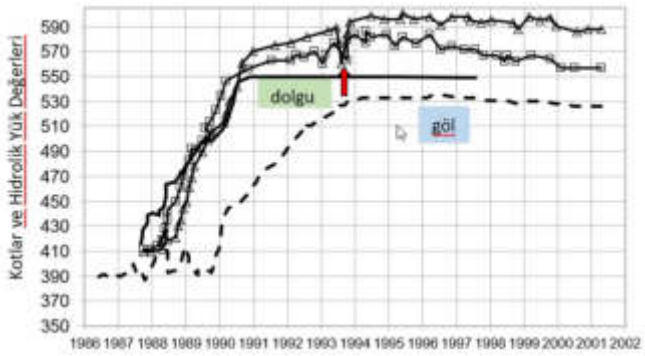
Ön batardonun önündeki su yüksekliğinin yaklaşık 405m'yi geçmesiyle birlikte suyun mansaba geçişinin gerçekleştiği Şekil 5b'ten görülmektedir. İlk olarak Casagrande (1950) tarafından varlığı öne sürülen bu sızıntıların özellikleri Sherard (1973 ve 1985) tarafından teyid edilmiştir. Sonraki zamanlarda "yoğun sızıntılar" (*concentrated leaks*) olarak isimlendirilen bu akımların oluşması için farklı oturma, üzerindeki kilin örtüsünün az olması ve suyun ani yükselmesi sayılan temel nedenler arasındadır (Bridle, 2017; Fellve diğ. 2003). 1988 taşkın mevsiminde Atatürk Barajı kil kotu maksimum su seviyesinin sadece 12-15m üzerindeydi. Dolayısıyla toplam basınçların düşük ve üzerindeki kilin mukavemetinin düşük olması nedeniyle oluşan borulanma boşlukları, dolgunun ağırlığı altında kapanamamıştır. Aylar süren bu sızıntılar sonucunda muhtemelen memba filtresinin bir bölümü kilin içerisine mansap filtresinin bir bölümü de kaya dolgu içerisine akmıştır. Bir başka deyişle, borulanma boşlukları malzeme dolu akım yolları oluşmuştur. Yine bu çökmelerin oluşmasıyla mansap filtresinin bir bölümünde oluşan boşluklar da kille dolmuştur.

Meydana gelen bu oturmalar o denli yüksek değerlere varmıştır ki gerçekte yapılan imalatlar ile arasında büyük farklar belirmiştir. Diğer bir ifadeyle, ödemeler yerinde yükselen kota göre yapıldığından ve bir önceki ödeme yapılmış kotu dikkate aldığından oturma nedeniyle ödeme esas son kot düştüğü için imalattan daha az ödemelerin yapılması gerekmiştir.

Tüm benzer barajlarda karşılaşılan bu olayın Atatürk barajında öne çıkan tarafı, çekirdek ve kaya dolgunun ıslanıp yumuşayan bölümünde sıkışmalar gelişirken bu seviyenin üstündeki rijit bölgenin bir kemer gibi sabit kalması olmuştur. Çekirdek, bazalt dolgunun da çekişi ile aşağıya hareket ederken kemerlenmiş bölge ile arada bir boşluk oluşmuştur. Bunu, yüzeydeki çökmeleri izleyerek krette kontrol sondajı yapılması sırasında tijlerin 2-4.5m derinliklerde ani düşüş yapmasından ile anlıyoruz.



Şekil 6. Baraj Gövdesinden Su Sızıntı Debileri (Ünal et al., 2007)

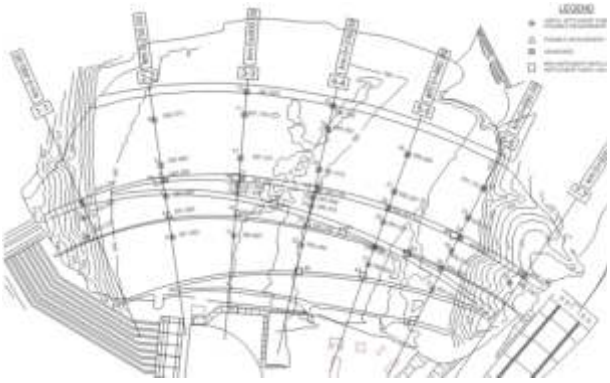


Şekil 7. Çekirdekte ölçülen boşluk suyu basınçları

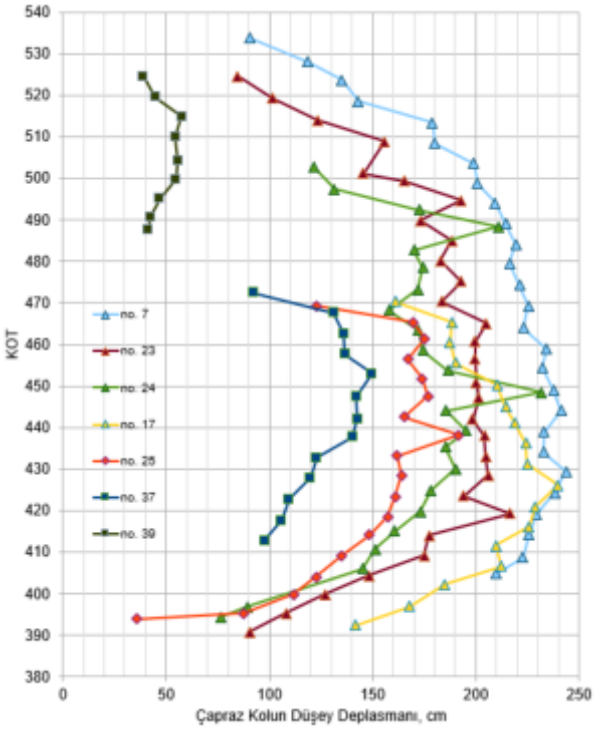
Şekil 6'da barajın mansabında yapılmış su kaçağı ölçümleri gösterilmektedir. Bu kaçakların yaklaşık %15'lik bölümünü baraj gövdesinden sızan ve gövde topuğunda oluşturulan savakta (MS-4) ölçülen hacimler oluşturmaktadır. Rezervuar su seviyelerilerinin MS-4 savağındaki debilerle miktar ve zaman olarak değişimleri incelenmiştir (Riemer, 1989). Rezervuar seviyesi ile MS-4'te gözlemlenen sızıntı suları arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur. Bunun yanında barajdan sızan sular iletkenlik ve sıcaklık değerleri de göl suyu ile benzer karakteristikleri göstermiştir (Ünal ve diğerleri, 2007). Gölden su kaçaklarında kil bulunması çekirdekten önemli miktarda kilin filtrelere, oradan da kaya dolguya kaya dolguya göç ettiğini göstermiştir. Su çekirdekteki çatlaklardan ve de kemerlenmiş üst bölümle alttaki yumuşamış bölgede oluşan ara yüzeyden rahatça hareket etme imkânı bulmuştur.

Çekirdekte ölçülmüş boşluk suyu basıncı kayıtlarından en anlamlılarından biri Şekil 7'de gösterilmektedir. Basınç sürekli yükseldikten sonra 1993 sonunda ani düşüş göstermiştir. Bir ölçüm noktasında boşluk suyu basınçlarının yükselmesi o bölgede yük ve gerilmelerin arttığının en basit göstergesidir. Öte yandan, boşluk suyu basıncındaki bir ani düşüşün de beklenmedik bir drenaj (akım) olayının gerçekleşmesi ya da gerilme azalmasının göstergesi olduğu da hatırlanmalıdır.

Şekil 7'de gösterilen grafikteki ani düşüşler çekirdekten kil göçünün hızlandığı ve de sürdüğü anlamını taşımaktadır. Kil çekirdekten kil ve su akışları Şekil 5'ten görüleceği üzere 1989 başlarında da devam etmiştir. Gölde su tutmanın başladığı 1990 yılının başlarında her şey normal olarak görünmüştür. Ancak, su kotu 445m'ye ulaştığında barajdaki bütün ölçüm aletleri anormal değerler vermeye başlamıştır. 1990 yılının ikinci yarısından 1991 yılının ortasına kadar devam eden bu süreçteki boşluk suyu basınçları 'ölçüm hatası' nitelendirmesiyle kayıtlardan çıkarılmıştır. Oysa bu dönemde mansap kaya dolgusuna o denli büyük su ve kil akışı olmuştur ki mansapta yer alan kaya dolgunun 420 kotu altında 1,5 metrelere varan oturmalar gelişmiştir (Şekil 8 ve 9). Bir başka deyişle su ve kille doyan bazaltta doygunluk nedeniyle oturmalar meydana gelmiştir. Bu oturmaların meydana geldiği çapraz kollu çökme aletlerine ait ölçüm boruları oturmalar nedeniyle kırılmış veya bükülmüştür.



Şekil 8. Atatürk Barajındaki çökme röperlerinin yerleri, eski dere yatağının yeri, en kesitlerin kilometreleri.



Şekil 9. Barajın mansabında kaba filitreye bitişik bazalt dolgularda 1990 yılının son altı ayında meydana gelen oturmalar.

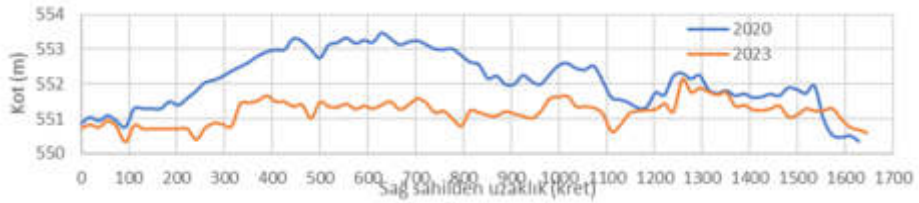
Çapraz kollu aletlerle gözlemlenen oturmalar, ölçülen boşluk suyu basınçları ve barajın yaptığı deplasmanlar göz önüne alındığında kil çekirdekteki sızıntıların eski nehir yatağına yakın bölgede başladığı ve o bölge tıkanıncaya sürdüğü değerlendirilmektedir. Öyle ki, eski nehir yatağının olduğu bölgede drenaj zonuna yerleştirilmiş boşluksuyu basınç ölçer görüleceği üzere 45 metreye yakın bir basınç göstermeye başlamıştır. Tıkanan bu kesimden sonra gövdeden sızan su, filtreler ve ona komşu bölgelerde baraj ekseni boyunca hareket etmiş, sonra mansaba yönelmiştir. Bu nedenle mansapta alt kotlarında yer alan çökme tüplerinin tamamında aşırı oturmalar olmuştur.

Atatürk barajında meydana gelen bu oturmalar bütün kret boyunca belirmiş, ancak eski nehir yatağının üzerine yakın bir bölgedeki 154m'lik bölümde (Km 0+027 ile km 0+127) Şekil 2a'da gösterilen göçüğün oluşmasına neden olmuştur. Kildeki bahse konu bu oturmalar inşaat devam ederken meydana geldiği için kilin gövdenin içerisine hangi hacimde aktığını tahmin etmek güçtür. Ancak akan bu kil o kadar fazladır ki kildeki yüksek boşluk suyu basınçlarının etkisiyle kaya dolgunun düşey hareketleri sönümlendiği halde yatay deplasmanlar da lineer şekilde uzun dönem devam etmiştir. Yapılan çalışmalarımızda 2020 yılı sonuna kadar krette toplam oturmanın 11.74m olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Bu değer baraj yüksekliğinin %6,88'ine karşılık olmakta ve dünyada benzer dolgularda kaydedilenin on katına çıkmaktadır.

4. BARAJIN DEPREMSELLİĞİ

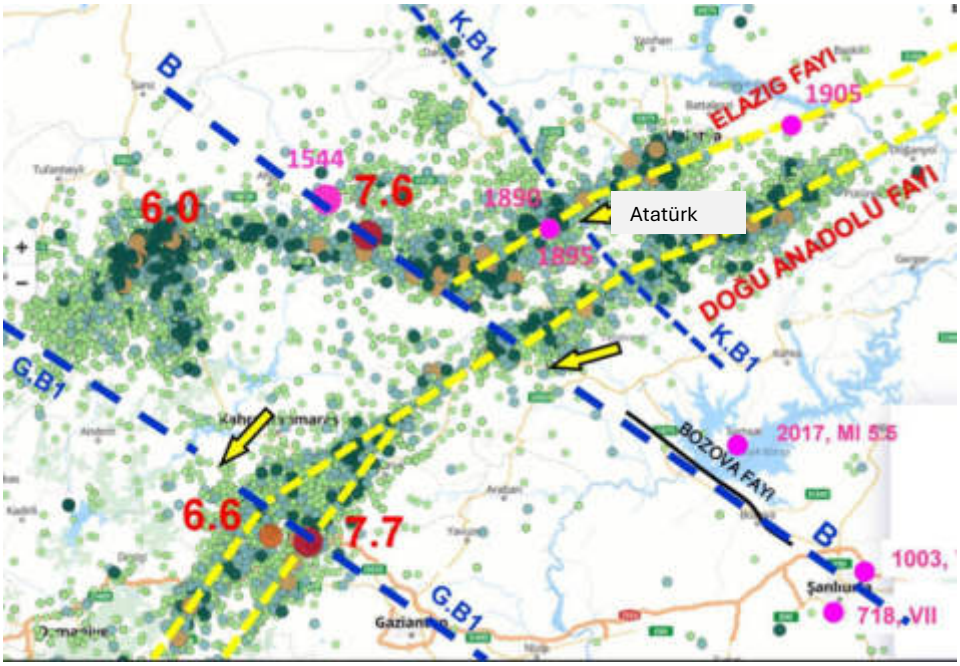
Bölge 2023'te M_w=7.6 ile büyük bir deprem etkisi almıştır. Bu depremde baraj önlerinden geçerek DAF'nı kesen Bozova segmenti hareketlenmediği halde (baraj yakınındaki Bozova istasyonunda kaydedilen a_{hmax}=0,18g) kretteki "V" şekilli kayma yüzeyinin depremi izleyerek çok daha belirgin hale geldiği görülmüştür (Şekil 2b).

Harita Genel Komutanlığı tarafından hazırlanmış bulunan "Sayısal Yükseklik Modellerini (DEM)" kullanılarak krette meydana gelen ek oturmalar tahmin edilmiştir. Söz konusu haritaların hassasiyetinin 30cm olduğu dikkate alındığında 1,5m±0,6'ye yakın bir düşüşün varlığından söz edilebilmektedir.



Şekil 10. Atatürk Barajı kretinde 2020 ile 2023 arasında Kahramanmaraş depremlerinden sonra meydana gelen oturmalar.

Baraj sismik olarak son derece aktif bir bölgede yer almaktadır (Şekil 11). Ayrıca barajın hemen topuğunda aktif olduğu kayıtlara geçen Bozova Fayı bulunmaktadır.



Şekil 11. Barajın Doğu Anadolu Fayına göre Konumu (Perinçek, 2024)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Barajın performansı çekirdek ve bazalt dolguda ciddi hareketler geliştiğini ve bu hareketlerin günümüzde de sürdüğünü göstermektedir. Güncel olarak toplam düşey hareketin 13m'yi yani dolgu yüksekliğinin %8'ini bulduğu dolguda deprem sonrası ciddi ek hareketlerin belirmesi karşı karşıya bulunulan tehdidi kanıtlamaktadır.

DAF Bozova segmenti barajın topuğundan geçmektedir. Bölgedeki depremlerin birbirini tetikleyebildiği en son Kahramanmaraş depremiyle ortaya çıkmıştır. Bozova Fayı üzerinde de tarihi büyük depremler kaydedilmiştir. Bu fayın oluşturacağı deplasmanlar ve titreşimlerin barajda önemli sonuçlar doğurabileceği açıktır.

Barajın yaptığı deplasmanlar, kaya dolgu içerisine akan kil ve bunun kayma mukavemetinde meydana getireceği azalmalar, kil çekirdek içerisindeki yüksek boşluk suyu basınçları ve kaya dolgunun bir bölümünde ölçülen boşluk suyu basınçları dikkate alınarak barajın deprem yükleri altındaki analizi yapılmalıdır. Bu analize bağlı olarak iyileştirme için alınması gereken tedbirler belirlenmelidir.

6. KAYNAKLAR

Bridle, R. (2017). Internal Erosion Mechanics and Risk Estimation based on ICOLD Bulletin 164. USB Proceedings Geo-risk 2017 Denver Geohazards p137-146 ASCE.

Casagrande, A. (1950). Notes on the design of earth dams. Journal of the Boston Society of Civil Engineers, vol 37, No 4, pp 405–429.

Electrowatt Engineering (2001). Atatürk Dam and HEPP Project Dam Monitoring Memorandum (Mayıs).

Hunter, G. and Fell, R. (2003). Deformation Behavior of Embankment Dams, UNICIV Report No. 416. University of South Wales, Sydney Australia.

Fell, R., Wan, C. F., Cyganiewicz, J., and Foster, M. (2003). "Time for Development of Internal Erosion and Piping in Embankment Dams", J. Geotech. Geoenviron. Eng. 129, 307-314. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2003)129:4(307).

Harita Genel Müdürlüğü (2023). Digital Elevation Models (DEM) of some dams after February 6, 2023 Kahramanmaraş-Pazarcik (M_w=7.7) and Elbistan (M_w=7.5) Earthquakes.

Perinçek, D. (2024). Paleo-Fayların 2023 Depremlerindeki Rolü ve Petrol Havza ile Yapılarına Etkisi Çevre ve Doğa

Sherard, J. L. (1973). "Embankment dam cracking. Embankment dam engineering, S. Poulos and R. Hirschfeld", eds., John Wiley and Sons, New York, N.Y., 273-353.

Sherard, J.L. (1984). Trends and debatable aspects in embankment dam engineering. Water Power and Dam Construction, 36(12), pp. 26-32.

Sherard, J.L. (1985). "Hydraulic fracturing in dams." Seepage and leakage from dams and impoundments, R.L. Volpe and W. E. Kelly, eds., Proceedings of a symposium sponsored by the Geotechnical Engineering Division in conjunction with the ASCE National Convention, Denver, Colorado.

Soroush, A. ve Pourakbar, M. (2021) Evaluation of Low Stress and Cracking Zones in the Core of a High Rockfill Dam in a Relatively Narrow Canyon Using 3D Numerical Modeling, ASCE Int.Journal of Geomechanics, Vol.22 Isssue 3

Terzaghi, K., Peck, R.B. and Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Riemer, W. (1989). Atatürk Dam Interim Review of Hydrogeological Investigations at the Dam Site. Prepared for AEJV.

Unal, B., Eren, M., & YALÇIN, M. G., (2007). Investigation of leakage at Ataturk dam and hydroelectric power plant by means of hydrometric measurements. Engineering Geology, vol.93, no.1-2, 45-63.

TÜNELLERDE VE TEMELLERDE KONSOLIDASYON ENJEKSIYONU UYGULAMALARI

Davut YILMAZ
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering
ORCID: 0000-0002-9981-7875

Özet
Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa edilen tünellerde ve baraj temellerinde konsolidasyon enjeksiyonu uzun süredir yaygın olarak uygulanmaktadır. Su tünellerinde bu uygulama, genellikle önce tünel kaplaması ile çevresindeki kaya arasında kalan boşluğun kontak enjeksiyonu ile doldurulması, ardından belirli derinliklerde konsolidasyon enjeksiyonlarının yapılması şeklinde gerçekleşir. Temel amaç, zeminin geçirgenliğini azaltmak ve kazıdan etkilenen kaya kütlesinin özelliklerini iyileştirmektir. Benzer şekilde, beton baraj temellerinde de konsolidasyon enjeksiyonu, temelin deformasyon modülünü artırmak, farklı oturmaları azaltmak, borulanmayı önlemek ve genel geçirimsizliği iyileştirmek amacıyla yaygın biçimde kullanılmaktadır.
Bu çalışmada, farklı jeolojik ve yapısal koşullar altında tünel ve baraj temellerinde konsolidasyon enjeksiyonunun gerekliliğini ve etkinliğini incelenmektedir. Tünellerde, tünel çapının (D)+2 m ile D/2'si arasında uygulanan konsolidasyon enjeksiyonları, özellikle son kırk yılda ıslak püskürtme betonunun yaygınlaşmasıyla birlikte ele alınmaktadır. Konsolidasyon enjeksiyonunun sağladığı yararlar, gelişen TBM teknolojisinin tünel açmayı mümkün kıldığı uzun ve kalın örtülü tünellerde de değerlendirilmektedir. Baraj temellerinde ise, genellikle baraj yükünün zeminde oluşturduğu gerilme soğanına bağlı olarak belirlenen enjeksiyon derinlikleri uygulanmakta, aynı zamanda kazılardan kaynaklanan gevşeme zonlarının etkisi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, konsolidasyon enjeksiyonunun deformasyon modülüne katkısı, zemin tipi ve çatlak dolgularının özelliklerine bağlı olarak incelenmektedir.
Türkiye ve uluslararası uygulamalardan alınan örneklerle, baraj temellerinde konsolidasyon enjeksiyonu derinliklerinin nasıl belirlenmesi gerektiği tartışılmakta, tünel ve barajlardaki uygulamaların maliyet ve faydaları değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Konsolidasyon Enjeksiyonu, Tüneller, Basınç Tüneli, Baraj Temelleri

APPLICATIONS OF CONSOLIDATION GROUTING IN TUNNELS AND FOUNDATIONS

ABSTRACT
Applications of Consolidation Grouting in Tunnels and Foundations
Consolidation grouting has long been widely applied in tunnels and dam foundations constructed by the State Hydraulic Works (DSİ). In water tunnels, the practice typically involves first filling the gap between the tunnel lining and the surrounding rock with contact grouting, followed by consolidation grouting at specified depths. The primary objectives are to reduce soil permeability and to improve the properties of the rock mass affected by excavation. Similarly, in concrete dam foundations, consolidation grouting is extensively used to increase the deformation modulus of the foundation, reduce differential settlements, prevent piping, and improve overall impermeability.

This study examines the necessity and effectiveness of consolidation grouting in tunnels and dam foundations under varying geological and structural conditions. For tunnels, consolidation grouting applied within a range of (D)+2 m to D/2 from the tunnel diameter will be discussed, particularly in conjunction with the widespread use of wet-mix shotcrete over the past four decades. The benefits of grouting in long tunnels with thick overburden, made possible by advances in TBM technology, are also evaluated. In dam foundations, attention is given to consolidation grouting depths, typically determined by the stress bulb induced by the dam load, while considering the effects of loosening zones created by excavation. Furthermore, the contribution of grouting to the deformation modulus is assessed with respect to soil type and the characteristics of fracture fillings.
Through case studies from both Turkey and international practice, this paper discusses how consolidation grouting depths in dam foundations should be determined, while also evaluating the costs and benefits of applications in both tunnels and dams.
Keywords: Consolidation Grouting, Tunnels, Pressure Tunnels, Dam Foundations

GİRİŞ

Tünel, galeri, denge bacası, şaft vb. su yapılarında beton kaplama ile yapının içinde açıldığı zemin veya kaya ortam arasında kalan boşluğun doldurulması için yapılan enjeksiyonlara dolgu veya kontak enjeksiyonu adı verilmektedir. Tünel, galeri, denge bacası, şaft vb. su yapılarında yapının içinde açıldığı kayanın sağlamlaştırılması için yapılan enjeksiyona sağlamlaştırma veya konsolidasyon enjeksiyonu adı verilmektedir.
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün tünel inşaatlarında kontak konsolidasyon enjeksiyonları yapılmakla birlikte, 2000'li yılların başına kadar konsolidasyon enjeksiyonları uygulamasında bariz bir artış gözlenmiştir. Öyle ki baraj ihale maliyetlerinin %10'una varan oranlarda enjeksiyon maliyetleri ortaya çıkmıştır. Bu durum, konsolidasyon enjeksiyonlarının nerelerde, hangi şartlar altında ve hangi kriterler göz önüne alınarak uygulanması gerektiğinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Yapılan çalışma sonucu konsolidasyon enjeksiyonlarının delgi uzunluğu özellikle basınçsız tünellerde tünel çapının yarısına düşürülmüştür (DSİ, 2003). Burada bunun gerekçeleri açıklanacaktır.
Benzer şekilde baraj temellerinde genellikle baraj yükünün zeminde oluşturduğu gerilme soğanı esas alınarak enjeksiyon derinlikleri belirlenmektedir. Ancak derinlikle enjeksiyon alışının hedeflendiği çatlakların genişliği, bu tip çatlaklı zemin üzerine yapının oturmasıyla meydana gelecek kapanma ise dikkate alınmamaktadır. Diğer yandan, konsolidasyon enjeksiyonunun zeminde yapacağı iyileştirmelerin etkisi, sınırlı bir şekilde değerlendirmektedir. Son olarak bu tür enjeksiyonlara olan ihtiyacın belirlendiği kesme dalgası hızı testlerinin yerleri konusuna ise çok az dikkat edilmektedir. Bu çalışmada tüm bunlar birlikte göz önünde tutularak değerlendirmelerde bulunulacaktır.

TÜNELLERDE KONSOLİDAYON ENJEKSİYONLARI

Kontak enjeksiyonlarından sonra tünellerde yapılan konsolidasyon enjeksiyonlarının yapılmasından maksat, tünelin kazılmasıyla birlikte kazıdan etkilenerek geçirgenliği artan bölgenin geçirimliliğini azaltmak ve azalan deformasyon modülünü ise artırmaktır. Öncelikle tünel kazımı için yapılan patlatmaların kayayı hangi derinliklerde etkileyeceği irdelenecektir.
Bozuşma zonu derinliği, kaya cinsine, kullanılan patlatma deliği çapına, kullanılan patlayıcı kapsülün delik çapı oranına ve patlayıcı miktarına bağlı olarak değişmekle birlikte en çok yaklaşık 2 m olmaktadır (Atlas Copco, 1999).

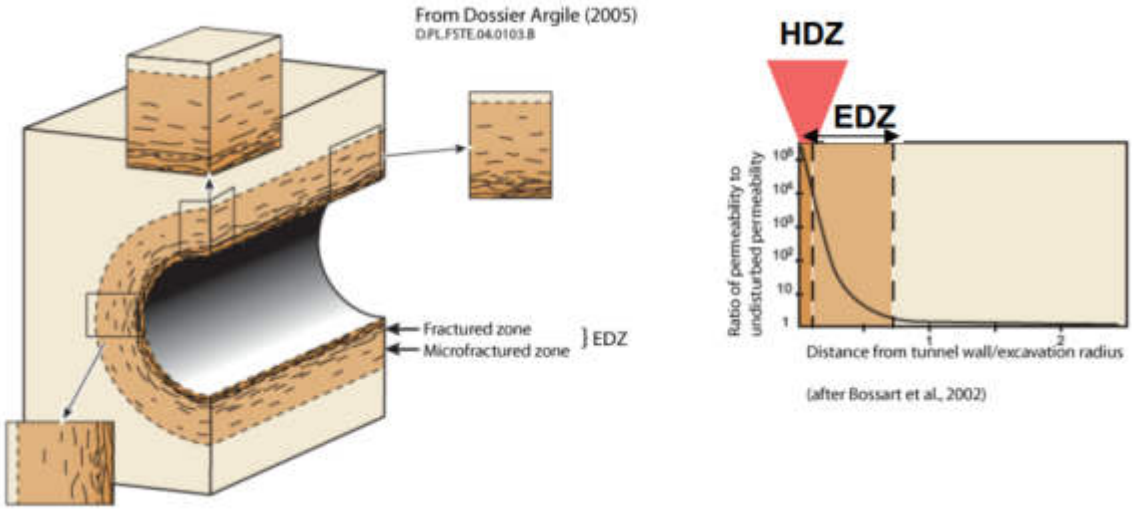
Benzer şekilde, Amerikan Ordusu tarafından yayınlanan ve Mühendislik El Kitabında (EM 1110-2-2901, 1997) bozuşmuş zon derinliği kontrollü patlatmalarda 0.1-0.2m, kontrolsüz patlatmalarda ise 2 m olarak verilmektedir.

Gerek radyoaktif atıkların yer altı yapılarında depolanmasında gerekse bazı çevreye duyarlı projelerde bozuşmuş bölge derinliği önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Malmgren ve diğ. (2007) kazı nedeniyle bozuşan zeminin derinliğinin tespitinde P dalgaları hızından yararlanmış ve bu bölgenin derinliğini 0,5-1m arasında bulmuştur.

Yer altı radyoaktif atık depolama yapıları ile çevresel duyarlılığı yüksek altyapıların tasarımında, kazıdan bozulan bölgenin (Excavation Disturbed Zone, EDZ) derinliği/kalınlığı güvenlik ve performans değerlendirmelerinde kritik bir tasarım parametresidir. Bu önem nedeniyle, CNS (1996) düzenlenmiş; atölyede sunulan çalışmalar, farklı jeolojik ortamlarda ve kazı yöntemlerinde değişkenlik göstermekle birlikte, EDZ kalınlığının tipik olarak ~1 m mertebesinde rapor edildiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, saha koşulları ve inşaat tekniklerine bağlı istisnalar bulunsa da tasarım ve güvenlik hesaplarında ihtiyatlı bir başvuru değeri olarak kullanılmaktadır.

Kazıdan bozulan bölge (EDZ), ANDRA'nın Dossier Argile çalışmalarına (ANDRA, 2001; 2005) atıfla Lanyon (2011) tarafından iki alt zon bileşeniyle kavramsallaştırılmaktadır: (i) mikro-çatlaklar ve çatlaklardan oluşan, potansiyel olarak birbirine bağlı bir ağ ile tanımlanan kırıklı zon (HDZ) ve (ii) bu zonu çevreleyen, yaygın fakat zayıf bağlantılı mikro-çatlaklardan oluşan ve geçirgenlikte sınırlı bir artış gösteren mikro-çatlaklı/hasarlanmış zon (EDZ). Şekil 1'de şematik olarak sunulduğu üzere, EDZ kırıklı zonu HDZ'yi kapsamaktadır.

ANDRA'nın sayısal simülasyonlarına dayanan değerlendirmelerde Lanyon (2011), 630 m derinlikte HDZ'nin kalınlığını 0,1–0,3 r, EDZ'nin kalınlığını ise 0,5–0,7 r aralığında rapor etmektedir; burada r, kazının karakteristik yarıçapını ifade eder. Söz konusu aralıklar, gerilme alanının yönlenmesine ve derinliğe bağlı olarak değişebilmekle birlikte, tasarım ve güvenlik değerlendirmelerinde ihtiyatlı (konservatif) kabul olarak kullanılmaktadır (ANDRA, 2001; 2005; Lanyon, 2011).



Şekil 1. Kazıdan etkilenen bölgenin (EDZ) şematik olarak gösterimi.

Lanyon (2011) Mont Terri'de yapılan kapsamlı çalışmaları da kaya tipine, kazı yöntemine, kazı derinliğindeki gerilmeye bağlı olarak incelemiş ve kazıdan bozulan zonun derinliğinin üst limitinin yaklaşık 2 m olabileceğini belirtmiştir.

Yeraltı tünel kaplamalarına etkiyen kaya/zemin yüklerinin belirlenmesinde, DSİ uygulamalarında uzun yıllar Terzaghi (1946) tarafından önerilen yük tabloları esas alınmış; söz konusu yaklaşım daha sonra Deere ve ark. (1970) tarafından RQD ile ilişkilendirilmiştir. Ancak 2000'li yılların başlarından itibaren bu yöntemlerin kullanımının büyük ölçüde terk edildiği görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, Terzaghi'nin kaplama yüklerini tanımladığı dönemde püskürtme betonunun (shotcrete) henüz yaygın bir destek elemanı olarak devreye girmemiş olmasıdır. O yıllarda—kaynağın başlığının da işaret ettiği üzere—başlıca geçici destek sistemi çelik iksa olup, iksa-zemin teması ahşap kaplamalar (lagging) aracılığıyla sağlanmaktaydı.

Bu koşullar altında, zeminin çelik iksadan yeterli desteği mobilize edebilmesi için görece büyük deplasmanlar gerekliydi; deplasmanların artışı gevşeme bölgesinin (loosened zone) derinliğini büyüterek iksalara ve dolayısıyla nihai tünel kaplamasına aktarılan tasarım yüklerini artırmaktaydı. Püskürtme betonunun uygulanmaya başlanmasıyla birlikte çelik iksa kullanımında belirgin bir azalma olmuş, destek ile zemin arasında hızlı ve etkin tam temas sağlanabilmiş ve bunun sonucu olarak gevşeme bölgesi kalınlığı anlamlı ölçüde azalmıştır.

Son 20–25 yılda, tünel destek tasarımında Mohr–Coulomb dayanım (taşıma/kırılma) kriterine dayalı yaklaşımlar, sonlu elemanlar yöntemleriyle birlikte yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen geoteknik sayısal modelleme çalışmalarında, gevşeme zonunun genişliğinin destekleme basıncının bir fonksiyonu olduğu sistematik biçimde gösterilmiştir. Bu bulgular, modern destek sistemlerinin (özellikle püskürtme betonlu ilk kaplama) erken yaşta rijitlik ve temas sağlayarak gerek deformasyonları gerekse kaplama yüklerini azaltabildiğine işaret etmektedir (Terzaghi, 1946; Deere ve ark., 1970). Sonuç olarak; püskürtme betonun kazıdan sonra hemen tatbik edilebilmesi tünel etrafındaki gevşeme zonunun derinliğini azaltan önemli bir uygulamadır ve bu zonun derinliğinin 0,5D'yi geçmesi beklenmemektedir (Afrouz, 1992).

Özellikle zayıf kayalarda veya yüksek zemin gerilmelerinin bulunduğu bölgelerde tünelin etrafında plastik bölgenin oluşabilmesi için tünel geçici destekleme basıncının yetersiz olması gerekmektedir. Tünel kazı yüzeyinden sağlanan destekleme basıncı ise temel olarak püskürtme betonu, çelik iksa ve bulonlardan oluşan destek sisteminden sağlanmaktadır. Püskürtme betonunun hem kazıdan sonra hemen tatbik edilmesi hem de hızlı dayanım kazanması nedeniyle kazıdan sonra tünelin etrafındaki gevşeme zonunun derinliği azalmaktadır. İşte bu sebepledir ki görece zayıf zeminlerde ve/veya yüksek hidrostatik gerilmelerin bulunduğu yerlerde tünel içine doğru oluşan deplasmanlar öngören hesaplar kaya özelliklerinin yanı sıra hidrostatik basınçlara ve iç destek basınçlarına bağlı olarak hesaplanmaya çalışılmıştır (Cording, 1994; Hoek and Brown, 1980).

2000'li yılların başındaki DSİ uygulamalarında, önceki açıklamalar doğrultusunda kaya yükü tasarımı, minimum donatıyı sağlayacak biçimde aşağıdaki bağıntıyla ifade edilmiştir:

$q_{kaya}=kD\gamma$ ($k\approx0{,}25–0{,}50$)

Burada;

D tünel genişliği/çapı, γ ise kayanın birim hacim ağırlığıdır. Bu yaklaşım, destek–zemin erken teması ve sınırlı deformasyon varsayımları altında, tasarımda ihtiyatlı (konservatif) bir alt sınır donatı düzeyi üretmektedir.

Aynı çerçevede, tünel tavanındaki gevşeme zonunun üst sınırının olağan dışı koşullar (yüksek gerilme anizotropisi, süreksizlik kümelenmesi, büyük açıklık vb.) haricinde— yaklaşık 0,5D olarak alınabileceği ortaya konmaktadır.

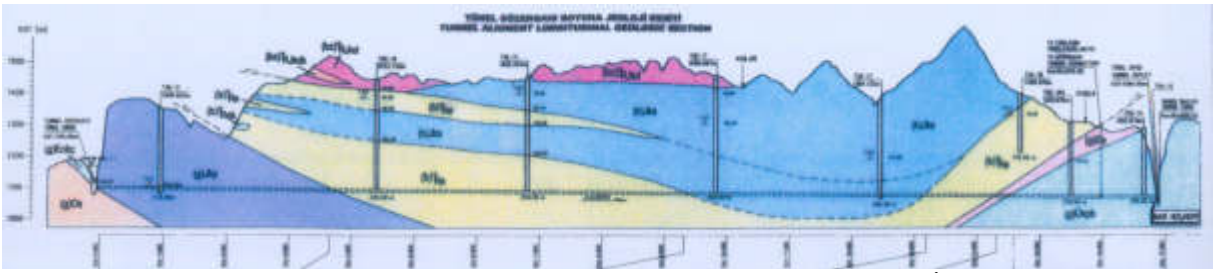
Bu kabul, gevşeme zonu kalınlığının destekleme basıncının bir fonksiyonu olduğunu gösteren güncel geoteknik modelleme bulgularıyla da tutarlıdır.

Bütün bu açıklamalardan su iletim yapıları için kazıdan bozulan bölgenin derinliğini emniyetli bir şekilde 2m veya Tünel çapının yaklaşık yarısı olarak alınabileceği sonucuna varılmıştır.

Basınçlı tünellerde çevre kayacın daha fazla yük taşımasını sağlamak amacıyla konsolidasyon enjeksiyonu uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, enjeksiyon deliği (delgi) uzunluğunun tünel çapının dörtte birini (≈ D/4) aşması durumunda çözümün hem ekonomik olmadığı hem de etkinliğinin sınırlı kaldığı rapor edilmiştir; bu sonuç, dünya çapında gerçekleştirilen 160'ın üzerinde projenin değerlendirilmesine dayanmaktadır (Brekke ve Ripley, 1987).

Basınçlı beton kaplamalı tünellerde, kaplama ile zemin arasındaki yük paylaşımı tamamlandıktan sonra, iç basıncın kaplamada çatlak oluşumuna yol açması, sızıntı suyu miktarının kabul edilebilir sınırları aşması veya sızıntıların çevrede stabilite yahut kirlenme sorunlarına neden olması hâlinde de konsolidasyon enjeksiyonuna başvurulabilir. Kabul edilebilir sızıntı suyu debisi bazı otoritelerce 5 lt/s/km mertebesinde verilmektedir; sızıntı miktarı Hendron ve ark. (1987) tarafından önerilen basit bir yaklaşımla tahmin edilebilir. Bu koşullarda, enjeksiyon basıncının iç su basıncından en az %25 daha yüksek seçilmesi genel kabul görmektedir. Henn (1996), bu tür uygulamalarda enjeksiyon delgi uzunluğunun tünel iç çapına (Di) eşit ya da daha büyük olmasını önermektedir. Buna karşılık Fernandez (1994), basınçlı tünellerde söz konusu şartlar altında dahi delgi uzunluğunun tünel yarıçapına (R) eşit veya az miktarda daha büyük olabileceğini ifade etmektedir. Bu farklı öneriler, tasarımın jeolojik–hidrojeolojik koşullara duyarlılığını göstermekte olup, nihai seçimlerin saha verileri, gerekirse sayısal modellemeler ve pilot enjeksiyon denemeleri ile desteklenmesi önerilir.

Özellikle üzerinde büyük su basıncı olan tünel kaplamalarının dış su basıncına dayanabilmesi için de konsolidasyon enjeksiyonu uygulanması gerekebilir. Buna en iyi örneklerden biri kaplama betonu olan yaklaşık 300 m dış su basıncına maruz kalan 17 km uzunluğundaki Mavi Tünelidir. (Şekil 2; DSİ, 2005). Mavi Tünelin iç çapı 4 m, kaplama kalınlığı 35 cm ve A-B hattı ise 20 cm'dir. Burada da konsolidasyon enjeksiyonu delgi boyları tünel iç çapının yarısı kadar 2m seçilmiştir. Konsolidasyon enjeksiyonundan amaçlanan, tünel çevresinde yaklaşık 2m çapında güçlendirilmiş bir halkanın tünel kaplamasıyla birlikte çalışarak gelen su basınçlarına karşı çalışmasıdır. Diğer bir amaç da iyileştirilmiş zemin halkasıyla bir geçirimsizlik sağlanarak suyun tünel kaplamasına ulaşmasının engellenmesidir. Suyun ulaşamadığı yerde de tünel kaplaması üzerindeki su yükünden bahsedilemeyeceği açıktır. Ancak hem zeminin çok kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi hem de bazı çatlaklara enjeksiyonun nüfuz etmemesi nedenleriyle kılcal çatlaklardan geçen dış su basıncı, tam su yükünde tünel kaplamasına ulaşabilir. Bu durumda, tekil yük gibi kaplamayı etkileyen su yükleri tünel kaplamasında da küçük çatlaklara yol açabilir. Ancak geçirgenliği konsolidasyon enjeksiyonuyla çok azaltılmış olan tüneli çevreleyen zeminden tünele sızacak çok küçük miktardaki suyun basıncı büyük oranda azaltması beklenmektedir (O'Rourke, 1984). İşte bu basınç azalması ve/veya konsolidasyon enjeksiyonuyla iyileştirilmiş zemin halkasının tünel kaplamasıyla birlikte çalışacak olması yaklaşımlarından hareketle tünel kaplamasının dış su basıncına her durumda dayanacağı esasına dayanarak Mavi Tünel kaplaması boyutlandırılmıştır.



Şekil 2. Mavi Tünel Güzergahı Boyunca Jeoloji Kesiti (DSİ, 2005).

BARAJ TEMELLERİNDE KONSOLİDASYON ENJEKSİYONU

Beton baraj temellerinde uygulanan konsolidasyon enjeksiyonu, (i) temel kayacın mekanik özelliklerini daha izotropik ve homojen hâle getirmek, (ii) deformasyon modülünü (Em) artırmak, (iii) geçirgenliği azaltmak ve (iv) özellikle kemer barajlarda akım yolunu (seepage path) uzatarak sızmaları sınırlamak amacıyla tercih edilmektedir.

Baraj stabilitesini etkileyen başat unsur, temel altında oluşan boşluk suyu basınçlarıdır. Konsolidasyon enjeksiyonu sonucunda geçirgenliği düşürülmüş ana kayanın mansabında açılacak drenaj delikleri aracılığıyla bu basınçların kontrolü ve drenajı daha kolay ve etkili biçimde sağlanabilir.

İnşaat sırasında yapılan sıyırma kazılarıyla zayıf zonların temizlenmesi ve vadi kenarlarında gelişen relaksasyon çatlaklarının temizlenmesi nedeniyle, konsolidasyon enjeksiyonu yapılmasına ihtiyaç duyulan derinlik için 15 m derinliğinde konsolidasyon enjeksiyonu yapılması çoğu beton barajda yeterli görülmektedir.

Çok çatlaklı ve yıkanabilir (erodible) kayalarda, nitelikli yıkama (flushing) ile konsolidasyon enjeksiyonu sonucunda Em'de dört kata varan artışlar rapor edilmiştir (Kikuchi, 1993 ve 1999). Bununla birlikte, başlangıç Em değeri yükseldikçe enjeksiyonun ilave katkısı azalmakta; Kikuchi ve çalışma arkadaşlarına göre artış ≈%30 düzeyine gerileyebilmektedir. Bu nedenle beton ağırlık ya da kemer barajların, zaten belirli bir rijitlik düzeyine sahip kayalar üzerine oturtulduğu göz önüne alındığında, konsolidasyon enjeksiyonuyla Em artışına tek başına bel bağlamak uygun değildir. Öte yandan, fay zonları içeren temellerde, yapılan "diş dolgularının" zeminle daha iyi kenetlenmesini sağlamak amacıyla fay doğrultusunda 15–20 m'nin üzerinde konsolidasyon enjeksiyonu gerekebilir.

Enjeksiyon derinliğinin seçimi için ikinci bir rasyonel kriter, baraj yüklerinin neden olduğu ek gerilmelerin belirli bir derinliğin altında emniyetli sınırları aşmamasını sağlamaktır. Klasik yaklaşıma göre kaya için emniyetli taşıma gerilmesi qa≈0,2qu olarak alınabilir (Peck, Hanson & Thornburn). Buna göre konsolidasyon enjeksiyonu, temelden aktarılan gerilme artışının qa'yı aşmadığı derinliğe kadar uzatılmalı, daha derine inmenin ekonomik ve teknik gerekçesi sorgulanmalıdır.

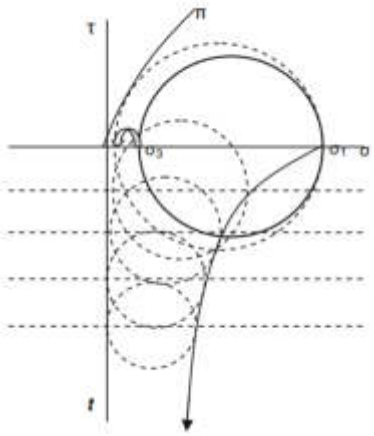
Sonuç olarak, tipik beton barajlarda 15 m konsolidasyon derinliği çoğu durumda yeterli, ince kemer barajlarda ve geçirimliliği 10 Lüjyonun üzerindeki zeminlerde ise 20 m'ye kadar görünmektedir; faylı kesimlerde ve yük–gerilme dengelemesi gerektiren durumlarda ise proje-özel analizlerle daha uzun boylar tercih edilebilir.

Genel uygulama bu şekilde olmakla birlikte, beton ağırlık tipi Çine Barajı'nda konsolidasyon enjeksiyonu boyları; temel kayacın deformasyon modülünün (Em) daha düşük, tasarım yer ivmesinin (PGA) ise daha yüksek alınmasına bağlı olarak revize edilmiştir. *Çine Barajı Aşama 2 Proje Raporu*'nda konsolidasyon enjeksiyonlarının 2,5×2,5 m paternle ve 15 m derinlikte düzenlenmesi öngörülmüştür (Geoconsult, GIBB, ARQ, 2000).

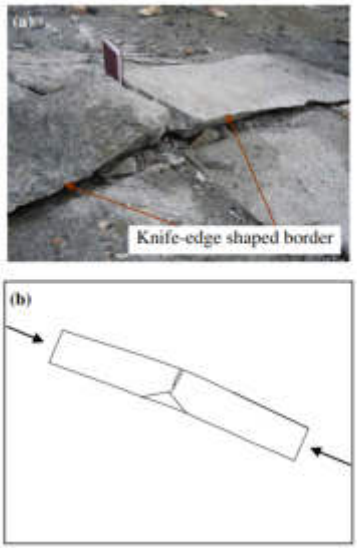
Bunu izleyen çalışmada Dumanoğlu ve Ateş (2001), daha düşük Em ve daha büyük PGA kabul ederek gerçekleştirdikleri dinamik analizlerde, temel kayada oluşan gerilme artışlarının daha derinlere yayıldığını göstermiştir. Bu bulgular doğrultusunda, başlangıçta 15 m olarak tasarlanan konsolidasyon enjeksiyonu delgi uzunlukları 26 m'ye yükseltilmiştir.
Söz konusu revizyon, deprem yüklerinin etkili olduğu zonun derinliğini artıran muhafazakâr bir tasarım yaklaşımını yansıtmakta olup, proje-özel jeoteknik parametreler ve performans hedefleriyle tutarlı bir şekilde desteklenmediği için 2003 yılında tekrar revize edilerek düşürülmüştür (Eroğlu ve Yılmaz, 2005).

KAZIDAN KAYNAKLI RELAKSASYON (YÜK BOŞALMASI) ÇATLAKLARI

Kazıya paralel biçimde baraj temelindeki kaya kütlesinde bir noktadaki gerilme değişim süreci Şekil 3'te gösterilmektedir. Kazıdan önceki gerilme durumu, siyah dolu bir daire ile gösterilmiştir; burada σ_1, yamaç yüzeyine paralel asal gerilme, σ_3 ise çevre (kapan) gerilmesidir (Şekil 3 ve 4). Kazı nedeniyle σ_1'in neredeyse değişmediği, buna karşılık σ_3'ün azaldığı görülebilir. Ancak σ_3 belirli bir eşik değere düştüğünde (yani kesikli daire Mohr–Coulomb göçme zarfına ulaştığında) kaya kütlesi birimi aniden göçer ve σ_1 hızla azalır. Şekil 3, nispeten sınırlı bir ek gerilme boşalmasıyla bile, yeni gerilme durumunun kritik gerilme düzeyine yaklaşması sebebiyle kaya kütlesinde şiddetli çatlaklanma gelişebileceğine işaret etmektedir. Bu olgu, kaya kütlesinin doğrusal olmayan mekanik davranışı olarak adlandırılır (Wu ve diğ., 2009).



Şekil. 3. Yük boşalması ve kaya kütlesinin göçmesi nedeniyle gerilme dairelerindeki değişim. Şeklin yatay ekseni, baraj temelindeki kaya kütlesi içinde bir noktadaki asal gerilmeyi; dikey eksenin üst kısmı kayma gerilmesini, alt kısmı ise kazıdan itibaren başlayan zaman eksenini göstermektedir. π eğrisi, Mohr–Coulomb göçme zarfıdır.

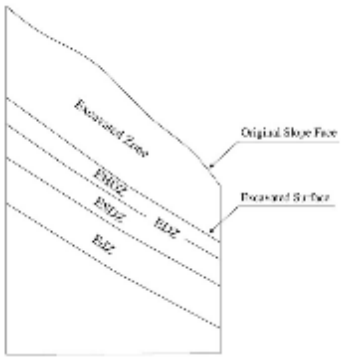


Şekil 4. Kemer biçimli çatlaklar. a) Kemer biçimli çatlakların fotoğrafı. b) Kemer biçimli çatlakların şematik haritası (kroki).

Yukarıdaki açıklamalardan, kaya kütlesinde σ_1–σ_3 gerilme ilişkisindeki değişimden kaynaklanan yüksek şekil değiştirme (distorsiyon) enerjisi bulunduğu anlaşılmaktadır. Kazının yol açtığı gerilme boşalması görece küçük olsa da kritik durum eşiğini aşmaya yeterli olabilir ve bunun sonucunda yoğun bir enerji boşalması meydana gelir. Kritik durumuna yaklaşan, yüksek zorlanma enerjisi birikmiş kayaların sınır koşullarındaki küçük değişimlere son derece duyarlı olduğu bilinmektedir.

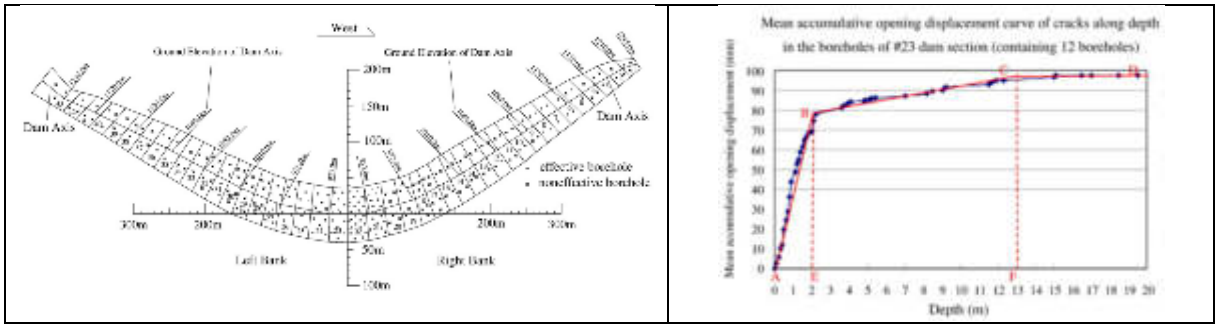
Wu ve ark. (2009) tarafından yayımlanan çalışmada, Xiowan çift eğrilikli kemer barajı için kazıdan kaynaklanan kaya kütlesi gevşeme (relaksasyon) zonu, Şekil 5'te gösterildiği üzere üç tabakalı bir model ile tanımlanmaktadır.

Bu bağlamda EdZ (excavation disturbed zone); akım ve taşınım özelliklerinde belirgin bir değişim oluşturmaksızın, hidro-mekanik ve jeokimyasal modifikasyonların meydana geldiği, gerilme durumu ve hidrolik yükteki değişimlerin etkisi altındaki bir bölgedir. Bu zonda kaya kütlesi özelliklerindeki değişimler geri döndürülebilir niteliktedir. Buna karşılık EDZ (excavation damaged zone); hidro-mekanik ve jeokimyasal değişimlerin, akım ve taşınım özelliklerinde önemli ve geri döndürülemez etkiler yarattığı bölgedir. EDZ, hasar derecesine göre iki alt bölgeye ayrılır: EHDZ (heavily damaged sub-zone), ağır hasarlı alt bölge; ESDZ (slightly damaged sub-zone), hafif hasarlı alt bölge. Dolayısıyla Wu ve ark. (2009)'daki üç tabakalı idealizasyon, kazı cephesinden uzaklaşma yönünde EHDZ → ESDZ → EdZ biçiminde artan sağlamlık ve azalan hasar derecesini ifade etmektedir.



Şekil 5. Kazıdan dolayı (Excavated zone) meydana gelen 3 deformasyon bölgesinin gösterilmesi.

Wu ve ark. (2009), baraj aksı boyunca kretin sağ yakadaki en yüksek noktasından başlayarak sol yakadaki en yüksek noktaya kadar 40 m aralıklarla en kesitler almış (Şekil 6a) ve kazı kaynaklı gevşeme (relaksasyon) sürecinin oluşturduğu kümülatif çatlak ölçümlerini esas alarak EHDZ (Excavation Heavily Damaged Zone- Kazı Ağır Hasar Görmüş Bölgesi) ile ESDZ (Excavation Slightly Damaged Zone- Kazı Hafif Hasar Görmüş Bölgesi) kalınlıklarını belirlemiştir (Şekil 6b). Çalışmada, EdZ (Excavation disturbed Zone-Kazı hasar Bölgesi) kapsam dışı bırakılarak, her bir enkesitte EHDZ ve ESDZ'nin derinlikleri nicel olarak tespit edilmiş ve en olumsuz kesitte EHDZ ile ESDZ'nin toplam kalınlığı 15,5 m'ye ulaşmaktadır. Kazı öncesi doğal zemin kotları, kazı sonrası kotlarla birlikte karşılaştırıldığında Şekil 6b'de gösterilen maksimum relaksasyon derinliği kazı kalınlığının en fazla olduğu eski nehir yatağına yakın bölgelerde oluşmaktadır. EdZ zonu kazıdan etkilenmiş olmasına rağmen üzerine baraj yükü geldiğinde büyük bölümü eski haline dönebilecek bir bölgedir.

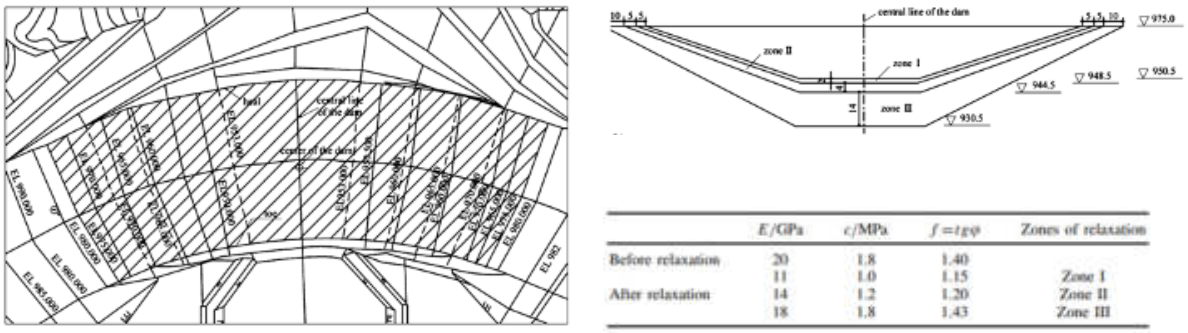


Şekil 6. Barajda kesitleri yerleri (sol taraf, a) ve #23'te sondaj deliklerinde ölçülen ortalama kümülatif çatlak açılma miktarlarının derinlikle değişimi (b).

Kazıdan kaynaklanan relaksasyon (gevşeme) zonu derinliğinin, kazı derinliğiyle ilişkili olduğunu ortaya koyan bir örnek çalışma Chen ve ark. (2012) tarafından, yüksekliği ≈294 m olan Xiowan çift eğrilikli kemer barajı için sunulmuştur. Bu çalışmada relaksasyon zonu kazı yüzeyinden itibaren üç alt bölgeye ayrılmıştır:

- Bölge I (0–2 m): En fazla etkilenmiş kısım; deformasyon modülü E_m sağlam zemindeki 20 GPa değerinden 11 GPa'ya düşürülmüştür.
- Bölge II (2–6 m): Em=14E_m = 14Em=14 GPa.
- Bölge III (6–20 m): Em=18E_m = 18Em=18 GPa.

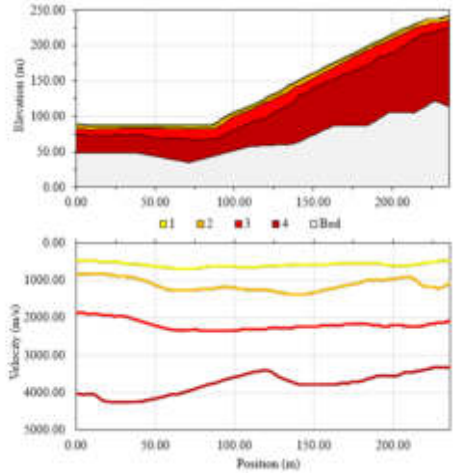
Böylece toplam relaksasyon kalınlığı 20 m'dir (Şekil 7). Vadi tabanına yakın bölgede doğal zemin yaklaşık 1000 m kotundadır. Çalışmada dikkate alınan kazı derinliği olan 50 m ile karşılaştırıldığında, relaksasyon kalınlığının kazı derinliğine oranı $t_{relaksasyon}/H_{kazı}$≈0,40 olarak hesaplanmıştır; bu da relaksasyon etkisinin, kazı ölçeğine bağlı belirgin bir derinliksel yayılım gösterdiğine işaret etmektedir (Chen ve ark., 2012).



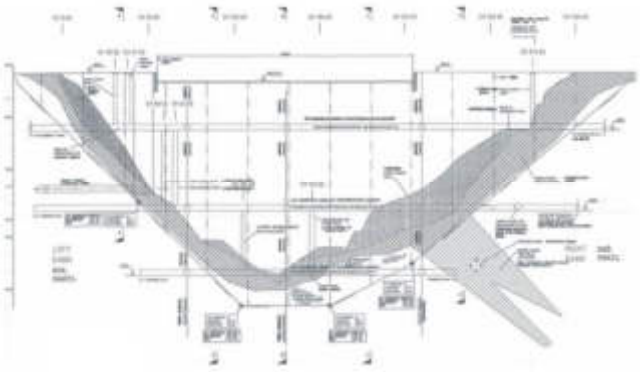
	E/GPa	c/MPa	$f=tg\varphi$	Zones of relaxation
Before relaxation	20	1.8	1.40	
	11	1.0	1.15	Zone I
After relaxation	14	1.2	1.20	Zone II
	18	1.8	1.43	Zone III

Şekil 7. 294 m yüksekliğinde Xiowan çift eğrilikli kemer barajında relaksasyon derinliğiyle deformasyon modülünün değişimi verilmektedir.

Türkiye'deki Çine barajında da yapılan sismik hız ölçümleri (Şekil 8a) kazıdan etkilenen zonun derinliğinin temel kazı yüksekliğinin (Şekil, 8b) %40 ila 50'si arasında olduğunu ortaya koymuştur.

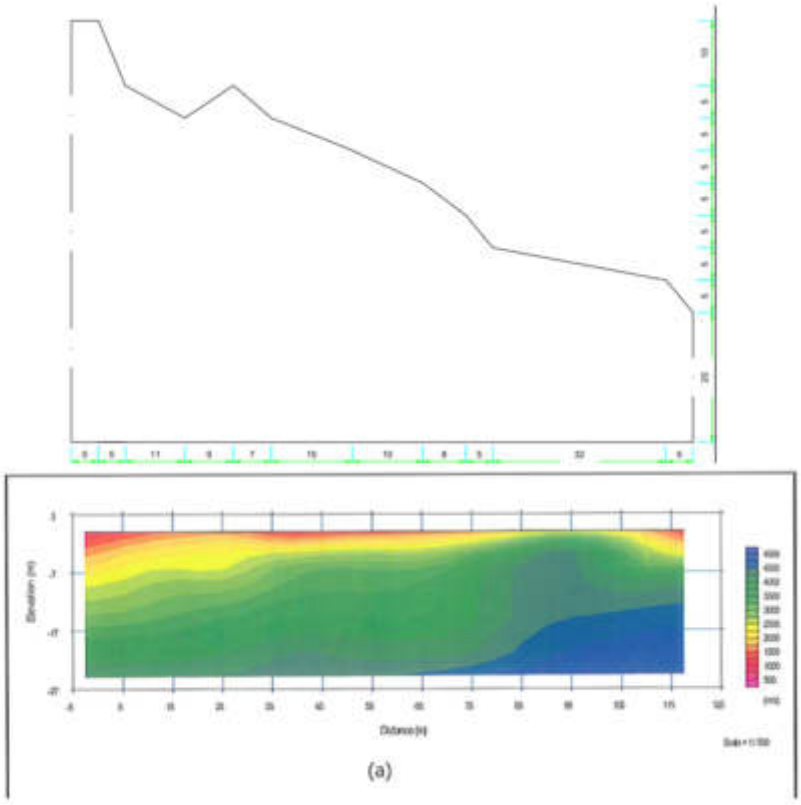


Şekil 8a. Çine Barajında yapılan temel kazılarından sonra yapılan sismik hız ölçümleri (Eroğlu ve Yılmaz, 2005).



Şekil 8b. Çine Barajı yapılan temel kazılarının doğal zemin seviyeleriyle birlikte gösterilmesi (Geoconsult, GIBB ve ARQ, 2000).

Belirti Mühendislik Danışmanlık (2016) tarafından Yusufeli Barajı sahasında seçili güzergâhlarda sismik dalga hızı ölçümleri yürütülmüştür. Bu profiller, aynı lokasyonlardaki kazı derinliği verileriyle birleştirildiğinde, kazı derinliği arttıkça bozulmamış (intakt) kaya kütlesine daha derinlerde ulaşıldığı açık biçimde ortaya konmaktadır (Şekil 9). Başka bir ifadeyle, kazı derinliğinin artması relaksasyon (gevşeme) zonunun kalınlaşmasına; bu çatlaklı/gevşemiş zon içinde sismik hızların (Vp, Vs) azalmasına yol açmakta; bunun sonucunda ana kayaya erişim derinliği kazı derinliğiyle yaklaşık orantılı olarak büyümektedir. Bu bulgular, sismik hız–hasar zonu kalınlığı arasında ters yönlü bir ilişkiyi doğrulamakta ve tasarım/uygulama aşamalarında derinlik–hız korelasyonunun dikkate alınması gereğine işaret etmektedir.

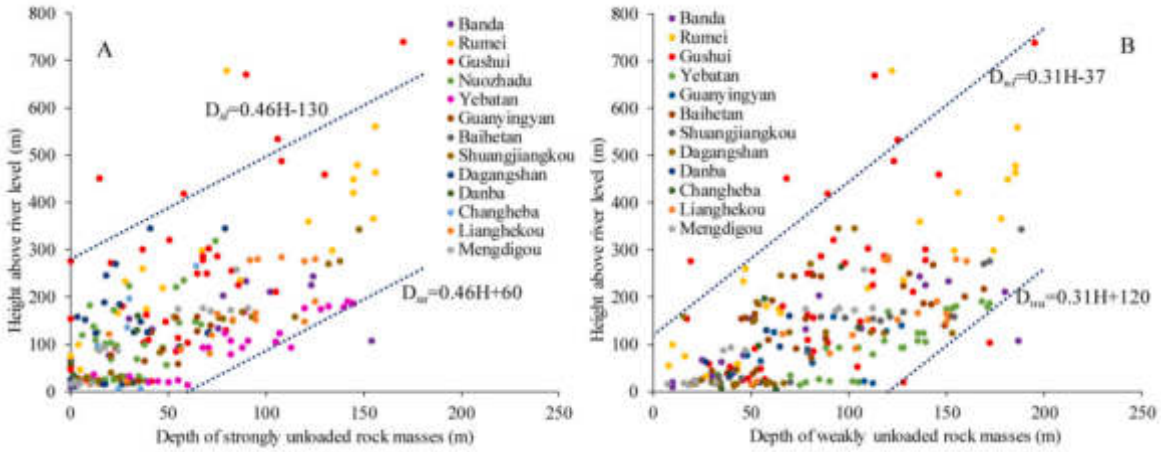


Şekil 9. Kazı derinliği ile ana kaya derinliği (mavi ile gösterilen kısım) arasındaki ilişki (Sismik hız verisi Belirti Mühendislik Danışmanlık 2016).

FLÜVİYAL OYULMA SONUCU OLUŞMUŞ VADİLERDE GEVŞEME ZONU

Nehir yatağının derine oyulması (downcutting) ile buna eşlik eden vadideki gerilme yeniden dağılımının, kaya kütlelerinde gözlenen boşalma kaynaklı çatlaklanma üzerinde belirleyici etkilere sahip olduğu Tu ve Deng (2011) tarafından ortaya konulmuştur. Çalışma bulgularına göre, kaya kütlesi boşalma derinliği; (i) nehir seviyesi kotu ve (ii) vadi yüksekliği arttıkça artmakta ve bölgesel/yerel koşullara bağlı olarak belirli bir aralık içinde değişmektedir. Ayrıca, aynı vadi içinde dahi, kaya kütlelerinin yükseltisi arttıkça boşalma derinliğinde sistematik bir artış gözlenmektedir. Yazarlar, flüviyal oluşmuş bir vadide 13 hidroelektrik santralindeki 255 galeride kaya kütlelerinin boşalma derinliklerini inceledikten sonra söz konusu ilişkileri mühendislik uygulamalarında kullanılabilir kılmak amacıyla, kaya kütlelerindeki kuvvetli ve zayıf çekme boşalma derinliklerinin yaklaşık olarak tahminine yönelik ampirik bir yöntem önermiştir.

Kaya kütlelerinin boşalma derinliğinin nehir seviyesi üzerindeki yükseklikle birlikte değişimi Şekil 10'da gösterilmektedir. Eşitlikler Şekil 6 üzerinde verilmiştir. Genel olarak, kaya kütlelerindeki kuvvetli ve zayıf boşalma derinlikleri sırasıyla 0–150 m ve 10–200 m aralığında değişmiş; nehir seviyesi üzerindeki yükseklik arttıkça artma eğilimi göstermiştir. Şekil 10 kaya kütlelerinin boşalma derinliklerinin nehir seviyesi üzerindeki yüksekliğe bağlı olarak değiştiğini, üst ve alt sınırlarla tanımlanan bir zon içinde kaldığını ortaya koymaktadır.



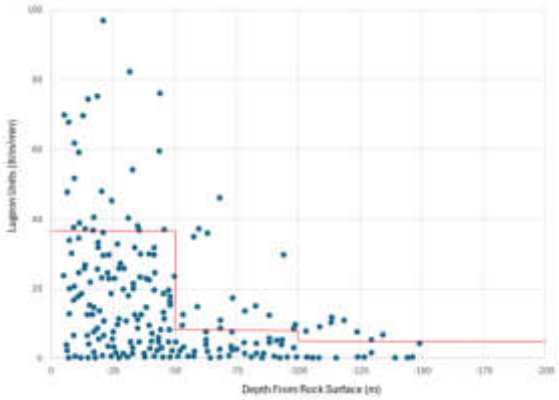
Şekil 10. Nehrin su seviyesi kotlarına bağlı olarak kaya kütlelerinin maksimum gerilme boşalması derinliklerindeki değişimler (Tu ve Deng, 2021).

Yusufeli vadisi "tektonikçe yükselen ve yapısal olarak denetlenen bir dağ kuşağında, Çoruh'un flüviyal oyulmasıyla" oluşmuş çok etmenli (poligenetik: hem tektonizma hem de aşınma-birikme gibi süreçlerin ortak ürünü) bir vadidir (Demir ve diğ., 2004). Bu vadide membadan mansaba doğru Yusufeli, Artvin ve Deriner Kemer barajları bulunmaktadır. Bu barajlarda yapılan basınçlı su testlerinde elde edilen Lüjyon değerlerinin derinlikle değişimi Şekil 11, 12 ve 13'te gösterilmektedir. Gerilme boşalmasının alt limiti D_{sl}=0,46H-130 (m), D_{wl}=0,31H-37 eşitlikleriyle hesaplanabilir. Ortalama 500 m olan oyulmuş vadiler için gevşeme derinliğinin maksimum değerlerinin alt limiti 100-118m arasında hesaplanabilir. Gerilme boşalmasının üst limiti D_{sl}=0,46H+60 (m), D_{wl}=0,31H+120 eşitlikleriyle 290-275m arasında hesaplanabilir.

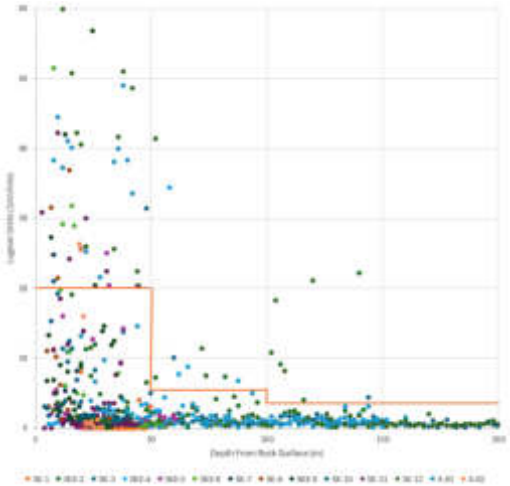
Su testi sonuçları incelendiğinde ilk 50 m.de, çatlakların büyük olduğu haliyle Lüjyon değerlerinin yüksek olduğu zona işaret ediyor. 50-100 arasında ise nispeten daha 10 Lüjyonun altında değerler görülmektedir. 100 metrenin üzerinde ise değerler yaklaşık 5 Lüjyonun altına inmektedir. 150-200 m arasında ise bu değer 1-2 Lüjyona kadar düşmektedir. Bu sonuçlar gevşeme zonu derinliğinin Tu ve Deng (2021) tarafından verilen eşitliğin alt limitine yakın olduğunu göstermektedir.

Yine kazıdan kaynaklı gevşeme zonu derinliği ile anoloji kurulursa, flüviyal oyulma sonucu doğal zemin yüzeyinden ilk 50 metrelik bölüm FHDZ (Fluvial Heavily Damaged Zone- Oyulma Ağır Hasar Görmüş Bölgesi) olarak değerlendirilebilir. Sonraki 50 metrelik derinlik ise FSDZ (Fluvial Slightly Damaged Zone- Oyulma Hafif Hasar Görmüş Bölgesi) zona tekabül etmektedir. Yüzeyden 100-150 metrelik bölüm ise EdZ (Fluvial Disturbed Zone- Oyulma Hasar Bölgesi) olarak isimlendirilebilir.

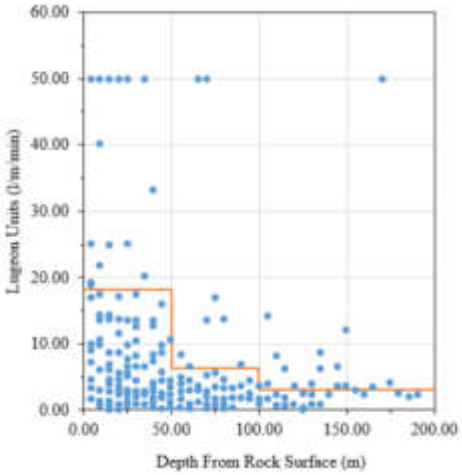
Yusufeli ve Deriner Barajları kesin projelerinde barajlara ait temel kazı sınırı belirlenirken işte bu flüviyal oyulmaların zeminde meydana getirdiği gevşeme zonunun kalınlığı temel olarak su testleri ve sondajlardan elde edilen verilerek değerlendirilerek dikkate alınmıştır (DSİ, 1999 ve 2011; Yılmaz ve diğ., 2021).



Şekil 11. Yusufeli Barajı VE HES Projesi su test sonuçlarının (Lüjyon) derinlikle değişimi (JICA, 1990).



Şekil 12. Artvin Barajı VE HES Projesi su test sonuçlarının (Lüjyon) derinlikle değişimi (EİE, 1992).



Şekil 13. Deriner Barajı bütün baraj sahasındaki su test sonuçlarının (Lüjyon) derinlikle değişimi (Stucky, 1999).

KONSOLİDASYON ENJEKSİYONU YAPILABİLİRLİK KRİTERİ

Konsolidasyon enjeksiyonlarında başlama kriteri olarak, enjeksiyon perdelerinin efektifliğinin kontrolü için yapılan BST verileri için perde kabul değerlerine yakın bir eşik olan 3 Lugeon alınmaktadır. Ancak bu denli düşük geçirimsizlik düzeyine sahip kayada enjeksiyonun gerçekleşmesi çoğu durumda yalnızca hidrolik çatlatma (hydraulic fracturing) yoluyla mümkün olabilmektedir. Hidrolik çatlatmanın tercih edilebilirliği literatürde tartışmalı olup (Nonveiller, 1989), tercih edildiği durumlarda kaya tipine bağlı olarak yüksek enjeksiyon basınçları uygulanmasını gerektirmektedir. DSİ uygulamalarında enjeksiyon basınçlarının önceden tanımlanması yaygındır; bu durumda hedeflenen geçirimsizlik değerlerine erişim, çoğu kez delikler arası aralığın sıklaştırılması ile mümkün olmakta ve bu durum maliyet artışına yol açmaktadır. Buna karşılık Nonveiller (1989), hidrolik çatlatmanın bilfiil seçildiği koşullarda delikler arası mesafenin artırılması gerektiğini vurgular. Dolayısıyla, önceden belirlenmiş basınçlar ile seçilen geçirimsizlik hedefleri her zaman uyumlu olmayabilir; bu uyumsuzluk da toplam maliyetlerin yükselmesine neden olabilir.

Su basınç deneyi (Lüjyon testi) sonuçlarına dayalı enjeksiyon karar eşikleri bakımından Ewert (1992) şu çerçeveyi önermektedir:

- < 5 Lüjyon: Pratik olarak enjeksiyon gerekmez; kaya yeterince geçirimsiz kabul edilir.
- > 20 Lüjyon: Enjeksiyon yapılabilir.
- 5–20 Lüjyon: Ne zeminin yeterince geçirimsiz olduğu ne de enjeksiyonla sızdırmazlığın mutlaka sağlanacağı sonucuna varılabilir; karar, sonradan erişim olanakları (ör. galeriler), yapı tipi, temel zeminin borulanmaya duyarlılığı ve baraj su tutumu öncesinde perdenin tamamlanma gerekliliği gibi proje-özgül etmenlere bağlıdır.

Yeraltı yapılarında uygulanacak konsolidasyon enjeksiyonları için, enjeksiyon perdesine yönelik bu eşiklerin doğrudan kriter olarak kullanılamayacağı Doig (1985) tarafından ortaya konmuştur. Doig'in Lugeon değerlerine bağlı önerileri şöyledir:

- 1–3 Lüjyon Enjeksiyon yapılmaz.
- 3–10 Lüjyon: Yalnızca kimyasal enjeksiyon uygundur.
- ≥ 10 Lüjyon: Çimento enjeksiyonu yapılabilir.

Bu çerçevede, DSİ'de konsolidasyon enjeksiyonu için 3 Lüjyon başlangıç kriterinin benimsenmesi, uygulanabilirlik ve işlevsellik açısından sorgulanabilir görünmektedir. Başka bir deyişle, söz konusu eşik altında yürütülen pek çok konsolidasyon enjeksiyonu uygulamasının, etkin geçirimsizlik iyileştirmesi sağlamaktan ziyade, delinen deliklerin doldurulması ile sınırlı kalma riski bulunmaktadır.

Son olarak, su deneylerinin gereken titizlikle yürütülmemesi zemini olduğundan daha geçirgen gösterebilir. Başlıca hatalar arasında paker kaçakları, uygulanan basıncın çatlatma basıncını aşması ve su alışındaki artışların durağanlaşmasını gözleyecek kadar uzun test süresi uygulanmaması sayılabilir. Enjeksiyon kararları bu testlere dayandırıldığından, standartlarda öngörüldüğü üzere basamaklı/geri dönüşümlü basınç kademeleriyle ve yeterli bekleme süreleri tanınarak testlerin yürütülmesi, ayrıca kayıt ve kalite güvencesinin sağlanması kritik önemdedir.

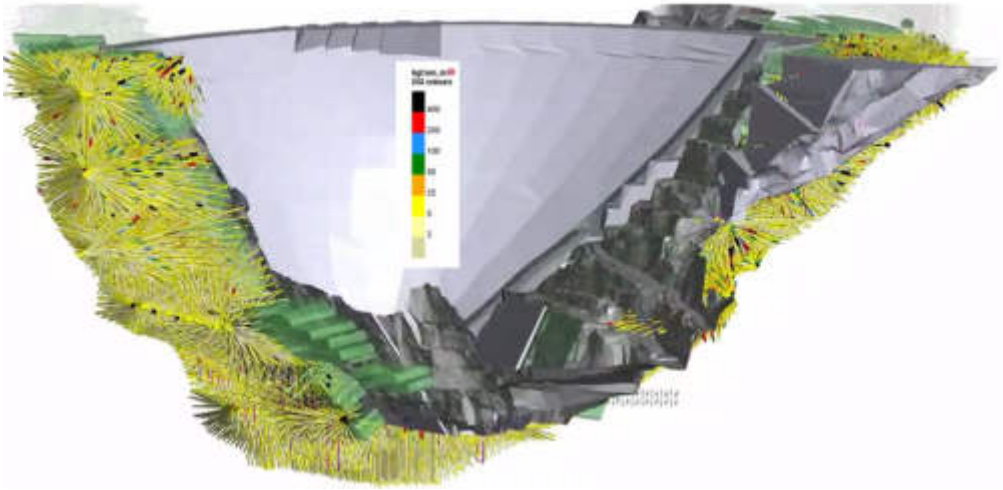
TARTIŞMA

Nehirlerin aşındırması ile oluşan vadilerde genel olarak sondajlardan, sismik hız ölçümlerinden ve su testlerinden yararlanarak gevşeme zonu derinliği belirlenmekte ve temel kazı sınırı tespit edilebilmektedir. Deriner ve Yusufeli Barajlarında da kesin projelerdeki kazı sınırları, su testleri ve sondajlarla uyumlu olarak en azından yaklaşık bu ilk 50 metreyi kazacak şekilde belirlenmiştir. Daha derinlerde ise su testi sonuçları 5 ila 10 Lüjyonun altında değerler vermektedir. Ewert (1992) 5 lüjyonun altını geçirimsiz kabul etmektedir. Doig (1985) 10 Lüjyonun altında çimento enjeksiyonunun yapılamayacağını ancak kimyasal enjeksiyonun yapılabileceğini ifade etmektedir. Daha açık bir ifadeyle 10 Lüjyonun altında yapılan çimento enjeksiyonlarının dikkate değer yararı olmadığı açıktır.

Bunun yanında, baraj temeli altında kazıdan kaynaklı gevşeme zonu derinliği en fazla 15m olduğuna göre baraj temelinin tamamının 15m'den fazla konsolidasyon enjeksiyonu yapılmasının da bir yararı ve gerekçesi bulunmamaktadır. Zaten Lüjyon değerleri çimento enjeksiyonunun alış sınırı altındadır. Bu yaklaşım temelden 180 m yükseklikteki Artvin Barajının temelinde, 5m x 5m paternde10 m derinliğinde konsolidasyon enjeksiyonları uygulamasının tavsiye edilmesiyle de örtüşmektedir (EİE, 1992). Dünyadaki diğer barajlarda da 2000'li yılların ortalarına doğru uygulama genelde 15m civarındadır.

Diğer yandan, tünellerin etrafındaki gevşeme zonunun da en fazla tünel kazı çapının yarısı kadar olduğu tespit edildiğine ve tüneller de basınçsız tünel olduğundan tünellerde kazı çapının yarısından fazla yapılan konsolidasyon enjeksiyonlarının da bir yararı olmayacaktır.

Yusufeli Barajında yapılan konsolidasyon enjeksiyonları IC Consulting firmasının youtube'a yüklediği videodan alıntılanarak Şekil 14'te gösterilmiştir. Bu baraj özelinde yukarıda yapılan gerekçelerle örtüşecek şekilde konsolidasyon enjeksiyonlarında alış olmadığı, çimento alış miktarlarının ise ancak açılan deliği doldurduğu görülmektedir (Şekil 14). Bu durum şaşırtıcı değildir çünkü geçirgenliği yüksek olan ilk 50 metrelik bölüm, baraj temel kazıları yapılırken kazılmıştır. Kalan bölümde de geçirimlilik konsolidasyon enjeksiyonu yapılabilirlik sınırı olan 10 Lüjyonun altındadır. Diğer yandan kazıdan etkilenen enjeksiyon alabilir bölge Xiowan barajındaki ölçümlerden de görüleceği üzere 15 metrenin altındadır. Bunun içindir ki uluslararası projecilerin katkıda bulunduğu Artvin ve Çine Barajı örneklerinde gösterildiği gibi konsolidasyon enjeksiyonu boyları 15 m'nin altında tutulmuştur.
Yusufeli Barajında ortalama 18,0 metre derinliğinde, 12.000 m enjeksiyon deliği açılmış olup toplam 216.000 m enjeksiyon delgisi açılmıştır (IC Consulting, 2024). Bu çalışma uzunluk açısından bu kadar konsolidasyon enjeksiyonu deliğinin açılmasının gerekli olmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 14. Yusufeli Baraj temelinde ve tünellerin etrafında yapılan konsolidasyon enjeksiyonları (https://www.youtube.com/watch?v=-KL8OFxPGBE en son 29 Ağustos 2025 tarihinde ulaşılmıştır).

SONUÇ

Baraj ve tünellerde projelendirilen çimento + su içerikli konsolidasyon enjeksiyonlarından beklenilen yararın sağlanması, enjeksiyon yapılacak zeminin geçirimlilik değerlerinin 10 Lüjyon ve üzerinde olması durumunda mümkün görülmektedir.
Tünellerde konsolidasyon enjeksiyonları tünel çapının yaklaşık yarısı kadar yapıldığında hem ekonomik hem de efektif olmaktadır.
Baraj temellerinde ise fay iyileştirme bölgeleri ve karstik kayalar hariç konsolidasyon enjeksiyonlarının boyunun 15m'yi aşmasının bir faydası olmayacağı gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Afrouz, A (1992). Practical Handbook of Rock Mass Classification Systems and Modes of Ground Failure.

ANDRA. 2001. Dossier 2001 Argile. Progress Report on Feasibility Studies and Research into Deep Geological Disposal of High-level and Long-lived Waste. Andra Synthesis Report.

ANDRA. 2005. Dossier 2005 Argile. Synthesis: Evaluation of the Feasibility of a Geological Repository in an Argillaceous Formation, Meuse/Haute Marne Site. Paris, France.

Belirti Mühendislik Danışmanlık (2016). Artvin İli Yusufeli İlçesi Yusufeli Barajı ve HES Projesi Yüzey Sismik İnceleme ve Değerlendirme Raporu (Şubat).

Brekke, T.L. and Ripley, B.D. (1987). Design Strategies for Pressure Tunnels and Shafts. EPRI.

Canadian Nuclear Society, CNS, (1996), Designing the Excavation Disturbed Zone for a nuclear repository in hard rock. Proceedings of the EDZ Workshop, International Conference on Deep Geological Disposal of Radioactive Waste, Winnipeg, Canada, 20 September.

Chen, S.H., Wang, G.J., Zhou, H., Wang, W.M. and Zou, L.C. (2012). Evaluation of excavation-induced relaxation and its application to an arch dam foundation. Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., 36: 166-181.

Cording, E. (1994). Rock Mechanics I and II Class Notes. Department of Civil Engineering. University of Illinois at Urbana and Champaign.

Deere, D. U., Peck, R. B., Park, H. W., Monsees, J. E., and Schmidt, B. (1970). "Design of tunnel support systems." Highway Research Record, Issue 307.

Demir, T., Yeşilnacar, İ. and Westaway, R. (2004). River terrace sequences in Turkey: sources of evidence for lateral variations in regional uplift, Proceedings of the Geologists' Association,

Volume 115, Issue 4, Pages 289-311.

Doig, P.J. (1985). "Grouting and freezing for water control in Milwaukee." Proceedings, Rapid Excavation and Tunneling Conference, Vol. 2, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., Port City Press, Baltimore, Md., 1211-1224.

DSI (1999). "Deriner dam final design drawings", State Hydraulic Works of Turkey, Ankara, Turkey.

DSİ (2003). Tünel ve Galerilerde Kontak ve Konsolidasyon Enjeksiyonu Delgi Boyları Genelgesi. 2003/7.

DSİ (2005). Mavi Tünel Kati Projeleri.

DSİ (2011). Yusufeli Barajı ve HES Projesi Kesin Projeleri. Ankara, Türkiye.

Dumanoğlu, A. ve Ateş Ş., (2001), "Güncellenmiş Zemin Etütlerine Göre Çine Barajının İki ve Üç Boyutlu Yapısal ve Dinamik Analizi", Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

EİE (1992). Orta Çoruh Havzası Artvin Barajı ve HES Projesi Mühendislik Jeolojisi Raporu.

EM 1110-2-2901 (1997). Tunnels and Shafts in Rock. Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers.

Eroğlu, V. and Yilmaz, D. (2005), "Approaches considered to overcome uncertainties at Çine dam", Proceedings of the ICOLD Annual Meeting, Iran.

Ewert, F.K. (1992). The individual groutability of rocks. International Water Power & Dam Construction, Vol. 44, Issue 1, , pp. 23-30.

Fernandez, G. (1994). Behavior of Presuure Tunnels and Gidelines for Liner Design, ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol 120, No 10, pp 1768-1789.

Geoconsult, GIBB ve ARQ (2000). Çine Barajı Aşama 2 Proje Raporları.

Hendron, A. J., Fernández, G., Lenzini, P., and Hendron, M A. (1987). "Design of pressure tunnels." *The art and science of geotechnical engineering at the dawn of the twenty first century*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 161–192.

Henn R. W. (1996). Practical Guide to Grouting of Underground Structures. American Society of Civil Engineers.

Hoek, E. and Brown, E.T. (1980) Underground Excavations in Rock. London Institution of Mining and Metallurgy, London, 527 p.

IC Consulting (2024). Presentation for Norwegian Tunnelling Society (30.01.2024). Last reached September 5, 2025. https://nff.no/wp-content/uploads/sites/2/2024/01/05_Ysufeli-dam.pdf?utm_source

Lanyon, G.W. (2011). Excavation Damaged Zone Assessment. NWMO DGR-TR-2011-21. Fracture Systems Ltd.

JICA (1990). Yusufeli Dam and HEPP Feasibility Report.

Kikuchi, K., Mito, Y. And Hirano, I (1999). Grouting effects on deformability of several types of rock masses. Proceedings, Ninth International Congress on Rock Mechanics, Paris, France.

Volume: 2, pp.1377-1380.

Kikuchi, K. Mito, Y., Yoshino, N. & Naruse, T. (1993). An experimental study of the grouting effect on deformability of rock masses. Grouting in Rock and Concrete, Widmann (ed.)1993 Balkema, Rotterdam, ISBN 905410 3507.

Malmgren, L., Saiang, D., Töyrä, J., et al. (2007). "The excavation disturbed zone (EDZ) at Kiirunavaara mine, Sweden: By seismic measurements." *J. Appl. Geophys.*, 61(1), 1–15.

Nonvelier, E. (1989). "Grouting theory and Practice" Elsevier Amsterdam/Oxford;1989.

O'Rourke, T. D. (1984). Guidelines for Tunnel Lining Design. Prepared by the Technical Committee on Tunnel Lining Design of the Underground Technology Research Council of the ASCE Technical Council on Research.

Stucky Consulting Engineers Ltd. (1999), "Deriner dam and HEPP, Additional Geological Investigations", Synthesis Report, Report No. 4353/4115-1, Switzerland.

Terzaghi, K. (1946) Rock Defects and Loads on Tunnel Supports. In: Proctor, R.V. and White, T.L., Eds., Rock Tunneling with Steel Supports, Commercial Shearing and Stamping Company, Youngstown.

Tu, G.X.; Deng, H. (2021). Unloading depth of rock masses and its relations with river downcutting in deep valleys in Southwest China. *Eng. Geol. 288*, 106161.

Wu, F., Liu, T., Liu, J. *et al.* (2009). Excavation unloading destruction phenomena in rock dam foundations. *Bull Eng Geol Environ* 68, 257–262.

Yilmaz, D, Altunışık, A. and Adanur, S. (2021). Deformation modulus of rock foundation in Deriner Arch Dam, Geomechanics and Engineering, vol.26, no.1, pp.63-75.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

AVLULU KONUT YAPILARININ TASARIMINDA GÜNIŞIĞI AYDINLATMASININ ETKİSİ

Ebrar KARAER
Mimar, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0009-0008-9545-5791

Prof. Dr. Leyla DOKUZER ÖZTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0002-4484-7727

ÖZET
Görsel konforun sağlanabilmesi, bireylerin fizyolojik ve psikolojik açıdan iyi hissetmesi ve yapay aydınlatma için kullanılan enerjinin az olması için hacmin yeterli düzeyde günışığı ile aydınlanması gerekir. Günışığı aydınlığını etkileyen temel etkenler, yapının coğrafi konumu ve mimarisi, hacim özellikleri, pencere özellikleri, pencere duvarının baktığı yön, hacim dışındaki engeller olarak sıralanabilir. Yapı tipolojilerinden biri, temelde iklimsel koşullar ile sosyal ve kültürel gereksinimler doğrultusunda biçimlenen iç avlulu yapılardır. Mimari tasarımda önemli bir unsur olan avlular, bir yandan hacimlere doğal ışık girişini sağlarken bir yandan da yapı kütlesi dış engel etkisi yaratarak günışığından yararlanmayı kısıtlayabilir.
Bu çalışmanın amacı avlulu konut yapılarının biçimlenmesinde günışığı aydınlatmasının rolünü araştırmaktır. Bu bağlamda bir yapının avluya bakan tüm hacimlerinde gerekli minimum doğal aydınlığın sağlanması esas alınmıştır. Araştırmanın değişkenleri, avlu plan tipi, yapı boyutu, kat adedi, hacim konumu, biçimi ve boyutu, pencere tipi olarak belirlenmiştir. Döşeme alanları 35 m², 45 m² ve 50 m² olan üç kare ve üç dikdörtgen planlı olmak üzere altı hacim üzerinde çalışılmıştır. Bu hacimler yapının farklı bölgelerinde konumlandırılmıştır. Ele alınan hacimlerde gerekli minimum günışığı aydınlığı TS EN 17037+1 Avrupa Standardı uyarınca belirlenmiştir. Bu bağlamda yıl boyunca günışığı saatlerinin yarısında, hacmin referans düzleminin ≥ % 50 sinde ≥300 lx, ≥ % 95 inde ≥100 lx aydınlık sağlanması hedeflenmiştir. Çalışılan farklı biçim, boyut ve konumdaki tüm hacimler için hedef aydınlığı sağlayacak pencere genişliği ve yapıdaki avlu boyutu hesaplanmıştır. Yapı ve hacim modellemeleri ve ilgili hesaplamalar DIALux evo programında yapılmıştır. Söz konusu işlemler ilk aşamada tek katlı yapı için yapılmış, ardından aynı işlemler yapının iki katlı olması koşulu için yinelenmiştir. Ulaşılan sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmış ve avlu tasarımında yararlanılabilir önerilerde bulunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Avlulu yapılar, günışığı aydınlığı, avlu boyutu, pencere genişliği.

THE EFFECT OF DAYLIGHTING ON THE DESIGN OF COURTYARD RESIDENTIAL BUILDINGS

ABSTRACT
To ensure visual comfort, interior spaces must receive sufficient daylight. Adequate daylight not only supports individuals' physiological and psychological well-being but also reduces the energy consumed for artificial lighting. The primary factors affecting daylighting include the building's geographical location and architectural features, the properties of the space, window characteristics, the orientation of windowed façades, and external obstructions. One building typology shaped primarily by climatic conditions as well as social and cultural requirements is the courtyard house.

Courtyards, an essential element of architectural design, provide natural light to interior spaces. However, the building mass itself can create shading that restricts the utilization of daylight.

The aim of this study is to investigate the role of daylighting in the formation of courtyard residential buildings. In this context, the minimum required level of natural illumination in all spaces facing the courtyard has been adopted as the main criterion. The research variables include courtyard plan type, building size, number of floors, the location, form, and size of the space, as well as window type. Six spaces in total—three square and three rectangular plans with floor areas of 35 m², 45 m², and 50 m²—were analyzed in different parts of the building. The minimum required daylight levels were determined according to the European Standard TS EN 17037+1. Accordingly, the objective was to ensure that, for half of the daylight hours throughout the year, at least 50% of the reference plane receives ≥300 lx, and 95% receives ≥100 lx. For each space, the required window widths and courtyard dimensions to achieve target illuminance were calculated using DIALux evo software. Analyses were first conducted for single-story buildings and then repeated for two-story configurations. The results were compared, and recommendations for courtyard design were proposed.

Keywords: Courtyard buildings, daylighting, courtyard size, window width.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

CLIMATE SHOCKS AND NUTRITIONAL SHIFTS: UNDERSTANDING THE FOOD–HEALTH LINK IN INDIA

Prof. Mamta Sharma
Department of Chemistry, KM College, University of Delhi

Prof. Sandeep Kumar Sharma
Department of Chemistry, Rajdhani College, University of Delhi

ABSTRACT
Climate change poses a growing threat to food security and, consequently, to public health. In India, where over half the population depends on climate-sensitive agriculture and dietary diversity is already limited, this nexus is especially critical. This paper examines how climate variability disrupts food availability, accessibility, and nutritional quality, and how these disruptions manifest in health outcomes such as malnutrition, stunting, and anemia. Using a blend of descriptive analysis from open datasets (NFHS, NSSO, FAOSTAT) and illustrative community-level case studies, the study highlights correlations between declining dietary diversity and adverse health indicators. The findings suggest that climate-driven food insecurity is not a distant risk but a present challenge, with disproportionate impacts on vulnerable communities. By linking climate change, food security, and health outcomes in the Indian context, this paper underscores the urgency of integrating health considerations into climate and food policy.
Keywords: Climate Change; Food Security; Public Health; Dietary Diversity; Malnutrition; India

INTRODUCTION
limate change is increasingly recognized as one of the defining challenges of the 21st century, with profound implications for food systems and public health worldwide. The most vulnerable sectors under climate stress, warning that global warming beyond 1.5–2°C will significantly disrupt agricultural production, alter crop quality, and intensify health risks associated with malnutrition (IPCC, 2019). These impacts are not only a matter of reduced yields but also of deteriorating nutritional quality, with elevated atmospheric CO_2 reducing the protein and micronutrient content of staple crops (Myers et Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) identifies food security as one of the al., 2014). As a result, food insecurity under climate change must be understood not merely in terms of caloric insufficiency, but in terms of dietary diversity, nutrition, and health outcomes.
India represents a particularly critical case for examining the climate–food–health nexus. The country is home to more than 1.4 billion people, over half of whom depend directly or indirectly on agriculture for their livelihoods (Government of India, 2021). Approximately 60% of the net sown area is rainfed, making agricultural yields highly sensitive to rainfall variability and monsoon performance. Empirical studies confirm that rising temperatures have already reduced wheat yields in the Indo-Gangetic Plain (Lobell et al., 2012), while rice—India's most important staple—is projected to lose protein, iron, and zinc content under elevated CO_2 conditions (Sarkar et al., 2019). These agricultural vulnerabilities occur against a backdrop of long-standing nutrition challenges: according to the National Family Health Survey (NFHS-5, 2019–21), 35.5% of children under five are stunted, 32.1% are underweight, and 57% of women of reproductive age are anemic (IIPS & ICF, 2021).

The public health consequences of such vulnerabilities are profound. Stunting is not merely an indicator of poor nutrition but also of impaired cognitive development, lower school performance, and reduced economic productivity in adulthood. Anemia among women leads to poor maternal health outcomes, low birth weight, and intergenerational cycles of malnutrition. These outcomes are compounded by climate change, which exacerbates food insecurity by reducing dietary diversity, limiting protein and micronutrient intake, and destabilizing food supply chains through floods, droughts, and cyclones (Das, 2025). In short, climate change is not a distant environmental threat but a contemporary driver of public health crises in India.

Policy frameworks in India have historically emphasized calorie sufficiency, focusing on foodgrain self-sufficiency through the Green Revolution and subsequent Public Distribution System (PDS). While these interventions have been successful in reducing famine and ensuring baseline food access, they have proven less effective in tackling hidden hunger—micronutrient deficiencies and inadequate dietary diversity. The recent Pradhan Mantri Garib Kalyan Anna Yojana (PMGKAY), now institutionalized as the PM Anna Dhan Yojana, distributes free foodgrains to approximately 81 crore beneficiaries, providing a critical safety net during crises such as the COVID-19 pandemic and extreme climate events (Government of India, 2024). However, its cereal-centric approach raises concerns about whether such schemes can move India from foodgrain sufficiency to nutrition security, particularly under intensifying climate pressures.

The academic and policy literature has highlighted many of these issues separately: climate change impacts on agriculture, malnutrition trends, and food security interventions. Yet, few studies explicitly integrate these strands into a single analytical framework that links climate shocks → food system disruptions → dietary diversity → health outcomes → policy responses. This paper aims to address this gap.

Research Objectives and Questions

This study investigates the ways in which climate variability shapes food security and health outcomes in India, and how policy interventions mitigate or fail to mitigate these risks. Specifically, it seeks to:

1. Assess trends in food availability, dietary diversity, and nutritional health outcomes using national datasets (NFHS, NSSO, FAOSTAT, GBD).

2. Examine correlations between dietary diversity and health outcomes such as stunting and anemia.

3. Illustrate pathways from climate shocks to malnutrition through community-level case studies in drought-prone, coastal, and tribal regions.

4. Evaluate policy responses, with a focus on the Anna Dhan Yojana, and identify reforms needed to enhance nutrition-sensitive resilience.

By combining descriptive analysis, correlation evidence, and qualitative case studies, this study provides both empirical breadth and contextual depth. It demonstrates that climate-driven food insecurity is already manifesting in India, disproportionately affecting vulnerable groups such as women, children, and marginalized communities. The study concludes that policy must shift from a narrow emphasis on foodgrain distribution to an integrated approach that foregrounds nutrition security and public health resilience.

LITERATURE REVIEW

Climate Change and Food Security: A Global Overview

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has consistently identified food security as one of the most vulnerable domains under climate stress. Projections suggest that yields of major staples such as wheat, rice, and maize may decline by 10–25% in tropical regions by mid-century, primarily due to increasing heat stress, altered precipitation patterns, and greater frequency of extreme weather events (Lobell et al., 2011; IPCC, 2019). Beyond yield reductions, climate change also alters the nutritional quality of crops. Controlled experiments demonstrate that elevated carbon dioxide concentrations reduce protein, iron, and zinc content in staple grains such as rice and wheat, thereby increasing risks of micronutrient deficiencies for populations already reliant on cereal-based diets (Myers et al., 2014).

Global syntheses further emphasize the cascading risks of climate change across interconnected systems of food, water, and health. Fanzo et al. (2025) highlight how nutrition is a central pathway through which climate change affects health outcomes, both by exacerbating undernutrition in low-income countries and by fueling diet-related non-communicable diseases in rapidly urbanizing societies. This broader framing positions nutrition security not only as an agricultural issue but also as a public health imperative.

Indirect Health Impacts Through Nutrition

The health impacts of food insecurity extend far beyond caloric insufficiency. Malnutrition, stunting, and anemia are widely documented outcomes of declining dietary diversity and reduced food quality (Smith & Haddad, 2015). The Global Burden of Disease (GBD) study identifies inadequate diet as one of the leading global risk factors for mortality and morbidity, underscoring its centrality to health (IHME, 2020).

Recent scholarship points to how compound shocks exacerbate these risks. Saccone et al. (2025) show that climate change interacts with other global disruptions—including the COVID-19 pandemic and the Russia–Ukraine conflict—to undermine all four dimensions of food security: availability, access, utilization, and stability. Such evidence highlights the vulnerability of food systems to systemic stressors and suggests that climate impacts must be understood within a broader web of global risks.

India-Specific Evidence: Agriculture, Nutrition, and Health

India is one of the world's most climate-sensitive countries, with nearly 60% of its net sown area rainfed and heavily reliant on the monsoon (Government of India, 2021). Studies indicate that rising temperatures and rainfall variability have already begun reducing wheat yields in the Indo-Gangetic Plain (Lobell et al., 2012). Similarly, Sarkar et al. (2019) find that rice, India's most important staple, is projected to experience significant declines in nutrient density under elevated CO_2 conditions, with reductions in protein and essential micronutrients such as iron and zinc.

Nutrition challenges remain deeply entrenched. NFHS-5 (2019–21) reports that 35.5% of children under five are stunted, 32.1% are underweight, and 57% of women of reproductive age are anemic (IIPS & ICF, 2021). Das (2025) confirms that extreme events such as floods, droughts, and cyclones are already undermining food and nutrition outcomes in vulnerable districts. Moreover, composite indices developed by Mumah et al. (2025) reveal strong regional disparities in nutritional vulnerability across South Asia, with India's central and eastern states showing the weakest resilience. National surveys also highlight that nearly 73% of Indians are protein-deficient, a condition likely to worsen under climate stress (Reuters, 2025).

Community-Level Case Studies and Local Evidence

At the community level, the pathways from climate shocks to nutrition outcomes are increasingly evident. In Vidarbha, Maharashtra, recurrent droughts have been linked not only to crop failures and farmer indebtedness but also to nutritional insecurity with cascading effects on maternal and child health (Deshpande & Arora, 2010). Along the Odisha coast, climate-induced changes in marine ecosystems and overfishing have reduced fish catch, diminishing a critical source of protein and micronutrients (Golden et al., 2016). In tribal central India, dependence on forest-based foods provides seasonal dietary diversity, but access is being eroded by deforestation and rainfall variability, worsening risks of micronutrient deficiencies (Narain et al., 2019).

Emerging local interventions suggest possible resilience pathways. Nutrition gardens in Jharkhand schools have been shown to enhance the micronutrient content of midday meals, directly improving dietary diversity for children (Times of India, 2025). Similarly, natural farming initiatives in Andhra Pradesh demonstrate how diversified cropping systems can maintain yields and food security under climate stress (AP News, 2025). These localized strategies highlight the importance of community-level adaptation alongside national programs.

Gaps in the Literature

Despite growing evidence, two important gaps remain. First, climate change, food security, and health are frequently treated as separate policy domains, resulting in fragmented analysis and interventions. Second, most studies either focus on national-level projections (e.g., yield declines, dietary risk burden) or on localized case studies (e.g., drought in Vidarbha, fisheries in Odisha), but rarely combine both perspectives. As a result, the broader statistical patterns are often disconnected from lived realities, while localized findings lack national-level validation.

This paper addresses these gaps by adopting a blended approach, integrating national datasets (NFHS, NSSO, FAOSTAT, GBD) with community-level case studies. This design provides both empirical breadth and contextual depth, enabling a more comprehensive understanding of how climate variability shapes food security and health outcomes in India.

METHODOLOGY

Research Design

This study employs a mixed-methods research design, combining secondary quantitative data analysis with qualitative case study integration. The design is motivated by the dual need for empirical breadth—to identify national and state-level patterns—and contextual depth—to illustrate localized pathways through which climate variability affects food security and health outcomes. A triangulation approach was used, wherein multiple datasets and evidence sources were combined to strengthen validity and reduce reliance on any single source (Creswell & Plano Clark, 2017).

Data Sources

1. **Nutrition and Health Outcomes**

○ **National Family Health Survey (NFHS-5, 2019–21):** Conducted by the International Institute for Population Sciences (IIPS) and ICF, NFHS-5 provides nationally and state-representative indicators on child malnutrition (stunting, wasting, underweight), women's body mass index, and anemia prevalence. This dataset is the primary source for health outcome indicators.

○ **Global Burden of Disease (GBD 2019):** Published by the Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), the GBD dataset was used to capture Disability Adjusted Life Years (DALYs) attributable to protein-energy malnutrition, iron-deficiency anemia, and other dietary risk factors.

2. **Food Security Indicators**

○ **National Sample Survey Office (NSSO, 68th Round, 2011–12):** Household Consumption Expenditure Survey data were used to derive household-level food baskets and calculate a **Dietary Diversity Index (DDI)**. Though slightly older, this dataset provides the most detailed disaggregated consumption patterns available.

○ **FAOSTAT Food Balance Sheets (2000–2020):** Used to examine long-term trends in per capita availability of cereals, pulses, milk, and fish.

3. **Contextual Case Studies**

○ **Vidarbha, Maharashtra:** Evidence on recurrent droughts, crop failures, and malnutrition (Deshpande & Arora, 2010).

○ **Coastal Odisha:** Case evidence of climate-driven fishery declines and their nutritional consequences (Golden et al., 2016).

○ **Tribal Chhattisgarh:** Studies documenting forest-food dependence, deforestation, and nutritional outcomes (Narain et al., 2019).

○ **Grey literature and news sources:** Recent reports on nutrition gardens in Jharkhand and natural farming in Andhra Pradesh were incorporated to illustrate ongoing resilience initiatives (Times of India, 2025; AP News, 2025).

Table X. Variables, Indicators, Analytical Strategy, and Limitations

Category	Variable / Indicator	Definition / Measurement	Source	Notes / Expected Impact
Food Security Variables	Per capita food availability (kg/year)	Annual per capita availability of cereals, pulses, milk, fish	FAOSTAT (2000–2020)	Declining pulses/fish availability linked to protein-energy malnutrition
	Household consumption shares (%)	Share of household expenditure on cereals, pulses, dairy, animal protein	NSSO 68th Round (2011–12)	High cereal share → low dietary diversity
	Dietary Diversity Index (DDI)	Composite index based on ≥5 food groups (0–1 scale)	Constructed from NSSO	Higher DDI → lower stunting/anemia
	Minimum Dietary Diversity Failure (MDDF)	% of households/individuals failing to consume ≥4 food groups	Derived from NSSO/NFHS	Higher MDDF → poor health outcomes
Health Outcome Variables	Stunting	Height-for-age Z-score < –2 SD (children <5 yrs)	NFHS-5 (2019–21)	Indicator of chronic undernutrition
	Wasting	Weight-for-height Z-score < –2 SD (children <5 yrs)	NFHS-5	Acute malnutrition
	Underweight	Weight-for-age Z-score < –2 SD (children <5 yrs)	NFHS-5	Reflects combined stunting + wasting
	Anemia	Hb <12 g/dl (women 15–49 yrs), altitude-adjusted	NFHS-5	Proxy for iron deficiency & poor diet

Disease Burden Variables	Protein–energy malnutrition DALYs	Disability-adjusted life years lost due to protein deficiency	GBD 2019 (IHME)	Measures overall health burden
	Iron-deficiency anemia DALYs	DALYs lost due to iron deficiency	GBD 2019	Linked to low micronutrient intake
	Aggregate dietary risk DALYs	Burden from multiple diet-related risks	GBD 2019	Places nutrition in global burden context
Contextual Variables (Case Studies)	Climatic hazards	Drought (Vidarbha), cyclones/fishery decline (Odisha), deforestation/rainfall variability (Chhattisgarh)	Case study literature	Illustrates climate–nutrition pathways
	Adaptive practices	Nutrition gardens (Jharkhand schools), natural farming (Andhra Pradesh)	Grey literature/news	Emerging local resilience strategies

Analytical Strategy

1. **Descriptive Analysis**
   - Summarized national/state-level trends in availability, consumption, and malnutrition (NFHS-5, NSSO, FAOSTAT).
   - Temporal comparison between NFHS-4 (2015–16) and NFHS-5 (2019–21).

2. **Correlation Analysis**
   - Pearson correlations between DDI and NFHS-5 outcomes (stunting, anemia). Scatter plots with regression lines to visualize associations.
   - Non-causal but indicative of the diet–health link

3. **Cse Study Integration**
   - Contextualized results using Vidarbha (drought), Odisha (cyclone/fisheries), and hhattisgarh (tribal/forest foods).
   - Demonstrates diverse climate–nutrition pathways.

FINDINGS

1. Agricultural and Food Availability Trends

India's food systems remain highly climate-sensitive, and recent trends highlight growing vulnerabilities.

- **Per capita availability:** According to FAOSTAT (2000–2020), per capita cereal availability declined from 174 kg/year in 2000 to 154 kg/year in 2020. Pulses stagnated around 12–15 kg/year, far below the recommended intake. Fish availability has shown volatility, reflecting ecological stress and overfishing in coastal states.

Household consumption patterns: NSSO data (2011–12) reveal a strong reliance on cereals, accounting for ~62% of food expenditure in Bihar, compared to more diversified diets in southern states such as Kerala and Tamil Nadu, where milk, pulses, and animal proteins form a larger share.

- **Regional disparities:** Climate-sensitive regions—particularly drought-prone central India and flood-prone eastern states—report the **lowest dietary diversity**, while more urbanized or irrigated states report higher diversity.

These findings suggest that climate variability exacerbates structural weaknesses in India's food systems, particularly by depressing the availability of protein-rich foods.

2. Nutrition and Health Outcomes (NFHS-5 Evidence)

NFHS-5 (2019–21) confirms that **malnutrition remains a national crisis**:

- **Stunting:** 35.5% of children under five are stunted.
- **Wasting:** 19.3% are wasted.
- **Underweight:** 32.1% are underweight.
- **Anemia:** 57% of women of reproductive age are anemic, with prevalence exceeding 60% in Bihar and Madhya Pradesh.

Notably, while stunting has modestly declined compared to NFHS-4 (2015–16), anemia prevalence has worsened, underscoring a **hidden hunger crisis**.

3. Correlation Analysis: Dietary Diversity and Health Outcomes

(a) MDDF and Stunting

Scatter plot analysis (Figure 1) shows that states with high **Minimum Dietary Diversity Failure (MDDF)** also report high stunting.

- Bihar and Uttar Pradesh (MDDF >80%) → Stunting >39%.
- Kerala and Tamil Nadu (MDDF <60%) → Stunting <25%.

This supports the hypothesis that limited dietary diversity contributes to chronic undernutrition.

(b) MDDF and Anemia

A second scatter plot (Figure 2) demonstrates a similar relationship between MDDF and anemia prevalence among women:

- Bihar and Madhya Pradesh (MDDF ~80%) → Anemia >59%.
- Kerala and Tamil Nadu (MDDF <60%) → Anemia ~34–35%.

Together, these correlations show that **dietary diversity is a strong predictor of nutritional outcomes**, even if causality cannot be directly established.

4. Community Case Studies: Climate Pathways to Nutrition Outcomes

- **Vidarbha, Maharashtra (Drought):** Recurrent droughts reduced yields of pulses and oilseeds, leading to household food insecurity. Evidence links these climatic shocks with farmer indebtedness, distress migration, and high rates of child malnutrition (Deshpande & Arora, 2010).

- **Coastal Odisha (Cyclones and Fisheries Decline):** Climate-induced changes in marine ecosystems and recurrent cyclones have sharply reduced fish catch, a major protein source. Local surveys report elevated anemia rates among women and children (Golden et al., 2016).
- **Tribal Chhattisgarh (Forest Dependence):** Seasonal reliance on wild fruits, tubers, and greens buffers diets. However, deforestation and erratic rainfall threaten this safety net, increasing risks of seasonal hunger and micronutrient deficiencies (Narain et al., 2019). These case studies illustrate **localized pathways** from climate shocks → reduced dietary diversity → adverse health outcomes, complementing the statistical evidence.

5. Policy Response: Anna Dhan Yojana as a Buffer

The **Pradhan Mantri Garib Kalyan Anna Yojana (PMGKAY)**, now continued as the **Anna Dhan Yojana**, provides free foodgrains (5 kg per person/month) to **~81 crore beneficiaries**.

- **Crisis buffering:** During Bihar floods and Odisha cyclones, uninterrupted ration distribution stabilized calorie access when markets failed.
- **Drought mitigation:** In Vidarbha, free cereals provided baseline calorie intake, preventing collapse into severe hunger.
- **Nutrient gaps:** Fortified rice under the scheme in Chhattisgarh directly targeted anemia, while Tamil Nadu and Kerala linked rations to school meals, expanding nutrition benefits.

However, the scheme remains **cereal-centric**, limiting its effectiveness against micronutrient deficiencies.

Policy Box (Figure 3) summarizes Anna Dhan Yojana's strengths, gaps, and reforms.

6. Synthesis: Climate–Food–Health Nexus

Findings demonstrate a clear chain:

Climate shocks (droughts, floods, cyclones) → Food system disruptions (availability, dietary diversity) → Health outcomes (stunting, anemia, malnutrition) → Policy buffers (Anna Dhan Yojana).

The conceptual framework (Figure 4) illustrates these relationships. While Anna Dhan Yojana reduces acute calorie insecurity, long-term resilience requires a shift toward nutrition-sensitive food policy.

DISCUSSION

Climate Change, Food Security, and Health: Interpretation of Findings

The findings presented confirm that climate variability is already undermining India's food and nutrition security. The decline in per capita cereal and pulse availability reported by FAOSTAT parallels global concerns about climate-induced yield reductions (Lobell et al., 2011; IPCC, 2019). The stagnation of pulses and declining fish availability are particularly significant, given India's widespread protein deficiency (Reuters, 2025). NSSO evidence of cereal-dominant diets further underscores the limited dietary diversity at the household level, particularly in rainfed and flood-prone states.

The health outcomes documented in NFHS-5—35.5% stunting, 19.3% wasting, and 57% anemia among women—align with global literature that identifies inadequate diet as one of the leading risk factors for mortality and morbidity (IHME, 2020; Smith & Haddad, 2015).

The positive correlation between dietary diversity failure and stunting/anemia found in this study supports previous research showing that poor diet quality, rather than calorie insufficiency alone, is the primary determinant of undernutrition in South Asia (Fanzo et al., 2025).

Community Pathways: Localized Evidence

Case studies from Vidarbha, Odisha, and Chhattisgarh illustrate how climate stressors manifest differently across geographies: droughts reduce pulse yields, cyclones undermine fisheries, and deforestation erodes forest food access. These findings are consistent with studies documenting the indirect health impacts of climate change through nutrition pathways (Narain et al., 2019; Golden et al., 2016). By juxtaposing national datasets with local narratives, this paper demonstrates the multi-scalar nature of climate–nutrition interactions, bridging a gap often left unaddressed in the literature.

The Role of Policy: Anna Dhan Yojana as a Buffer

A key contribution of this study lies in its evaluation of policy interventions within the climate–food–health nexus. The Anna Dhan Yojana has proven effective in buffering calorie insecurity during climate shocks. Evidence from Bihar floods, Odisha cyclones, and Vidarbha droughts illustrates how the scheme stabilized household food access when local systems collapsed. By guaranteeing universal free grain distribution to 81 crore beneficiaries, it prevented widespread hunger and acute malnutrition.

However, the scheme's cereal-centric design limits its capacity to address micronutrient deficiencies—a reality highlighted by the persistence of high anemia rates despite decades of PDS operation. While fortified rice distribution in Chhattisgarh and school meal integration in Tamil Nadu and Kerala are promising innovations, these remain uneven across states. The finding that states with better dietary diversity (Kerala, Tamil Nadu) also exhibit lower stunting and anemia suggests that policy reforms must focus not only on calories but on nutrition quality.

India in Global Context

The Indian experience mirrors global challenges. Studies show that climate change reduces both the quantity and quality of staple crops worldwide, threatening to deepen the "hidden hunger" crisis (Myers et al., 2014; Fanzo et al., 2025). Similar to other low- and middle-income countries, India has achieved relative foodgrain sufficiency but continues to struggle with undernutrition and micronutrient deficiencies. The lessons from India—particularly the scale of Anna Dhan Yojana—offer valuable insights for other nations attempting to design large-scale food safety nets under climate stress.

Toward Nutrition-Sensitive Food Policy

The findings of this study reinforce the need for a **paradigm shift** in India's food security policies. While Anna Dhan Yojana reduces calorie insecurity, nutrition security requires structural reforms:

1. **Diversification of the PDS basket:** Integrating pulses, millets, and animal protein sources into public distribution would address protein and micronutrient gaps. This aligns with the government's promotion of millets under the *International Year of Millets 2023*.

2. **Scaling food fortification:** Nationwide expansion of fortified rice, edible oils, and iodized salt could directly reduce anemia and micronutrient deficiencies.
3. **Integration with health programs:** Linking Anna Dhan Yojana with **Poshan Abhiyan**, Integrated Child Development Services (ICDS), and school midday meals would ensure women and children—the groups most vulnerable to climate–nutrition shocks—receive diversified and fortified diets.
4. **Climate adaptation through nutrition-sensitive agriculture:** Encouraging climate-resilient crops such as millets, pulses, and diversified horticulture would enhance both agricultural sustainability and nutrition outcomes.

Limitations and Future Research

This study is subject to several limitations. The use of secondary data introduces temporal mismatches, as NFHS-5 (2019–21) and NSSO consumption surveys (2011–12) are not contemporaneous. The correlation analysis cannot establish causality but only suggests associations. Case studies, while illustrative, are not universally representative. Despite these limitations, the mixed-methods approach provides a robust framework for understanding the nexus of climate change, food security, and health.

Future research could employ **panel datasets** combining climate variables (rainfall, temperature anomalies) with nutrition outcomes at the district level, or employ **quasi-experimental designs** (e.g., difference-in-differences analysis) to assess the causal impact of interventions such as fortified grain distribution.

CONCLUSION

This study has examined the complex and interlinked pathways through which climate variability shapes food security and health outcomes in India. Drawing on national datasets (NFHS-5, NSSO, FAOSTAT, GBD 2019) and supported by localized case studies from drought-prone Vidarbha, cyclone-affected Odisha, and tribal regions of Chhattisgarh, the analysis highlights that climate change is not merely a future threat but an ongoing driver of nutritional vulnerability. Declines in dietary diversity, stagnation in protein availability, and the worsening prevalence of anemia underscore the urgent need to move beyond calorie sufficiency toward nutrition security.

The evidence suggests that dietary diversity is a strong predictor of health outcomes, with states demonstrating higher MDDF also recording higher rates of stunting and anemia. These findings confirm global research linking inadequate diets to adverse health outcomes (Smith & Haddad, 2015; Fanzo et al., 2025) and situate India within a broader narrative of climate-driven nutrition crises. Importantly, this study shows that while Anna Dhan Yojana has successfully buffered households against acute calorie insecurity during climate shocks, its cereal-centric design limits its ability to address the hidden hunger crisis.

Policy analysis reveals that the next frontier of food security in India lies in nutrition-sensitive reforms: diversifying the PDS basket with pulses, millets, and proteins; scaling fortification efforts across all states; and linking large-scale distribution schemes with targeted programs such as *Poshan Abhiyan* and school feeding initiatives. At the same time, climate adaptation strategies must align with nutrition objectives, encouraging resilient agricultural practices such as millet promotion, diversified horticulture, and natural farming.

From a long-term perspective, India's ambition of achieving Viksit Bharat by 2047—a vision of a prosperous, equitable, and sustainable nation—cannot be realized without securing its population's nutritional foundations.

Food security must evolve from ensuring that no one goes hungry to ensuring that all citizens have access to adequate, diverse, and nutritious diets that safeguard health against climate shocks. This requires breaking down the silos between agriculture, health, and climate policy, and adopting an integrated approach to resilience.

In conclusion, the study demonstrates that climate change, food security, and health outcomes are deeply interconnected in India. Policies such as the Anna Dhan Yojana provide a critical safety net, but transformative reforms are needed to ensure that calorie sufficiency is translated into nutrition security and health resilience. As climate challenges intensify, addressing this nexus will be central to protecting vulnerable populations and advancing India's path toward sustainable development and national well-being.

REFERENCES

Core Datasets and Reports

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *FAOSTAT Database*. Rome: FAO. Retrieved from https://www.fao.org/faostat

Government of India. (2024). *Pradhan Mantri Garib Kalyan Anna Yojana (PMGKAY)/Anna Dhan Yojana*. Ministry of Consumer Affairs, Food & Public Distribution. Retrieved from https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1988614

Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). (2020). *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Results*. Seattle, WA: IHME. Retrieved from http://ghdx.healthdata.org/gbd-2019

International Institute for Population Sciences (IIPS) & ICF. (2021). *National Family Health Survey (NFHS-5), 2019–21: India*. Mumbai: IIPS.

National Sample Survey Office (NSSO). (2014). *Household Consumption of Various Goods and Services in India: NSS 68th Round (2011–12)*. Ministry of Statistics and Programme Implementation, Government of India.

Peer-Reviewed Literature (Nutrition & Food Security)

BMC Public Health. (2024). Trends in anemia among women in aspirational districts: Evidence from NFHS-5. *BMC Public Health, 24*, 17789. https://doi.org/10.1186/s12889-024-17789-3

Golden, C. D., Seto, K. L., Dey, M. M., Chen, O. L., & Myers, S. S. (2016). Does fish provide a bridge to food security? *Food Security, 8*(4), 585–598. https://doi.org/10.1007/s12571-016-0570-0

National Medical Journal of India (NMJI). (2022). Regional patterns in minimum diet diversity failure among children aged 6–23 months in India. *NMJI, 35*(2), 89–97.

Narain, V., Khan, M. S., & Suresh, R. (2019). Forest foods and nutrition security in tribal India: A case study of Chhattisgarh. *World Development, 115*, 326–339. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.006

Case Studies and Regional Evidence

Deshpande, R. S., & Arora, S. (2010). Agrarian crisis and farmer suicides: Exploring policy options. *Economic and Political Weekly, 45*(26–27), 37–45.

Times of India. (2025, January). *School nutrition gardens boost dietary diversity in drought-prone regions*. Times of India.

AP News. (2025, February). *Natural farming initiatives in Andhra Pradesh show resilience against climate shocks*. AP News.

Policy Box: Anna Dhan Yojana & Climate-Nutrition Resilience

✓ Strengths:

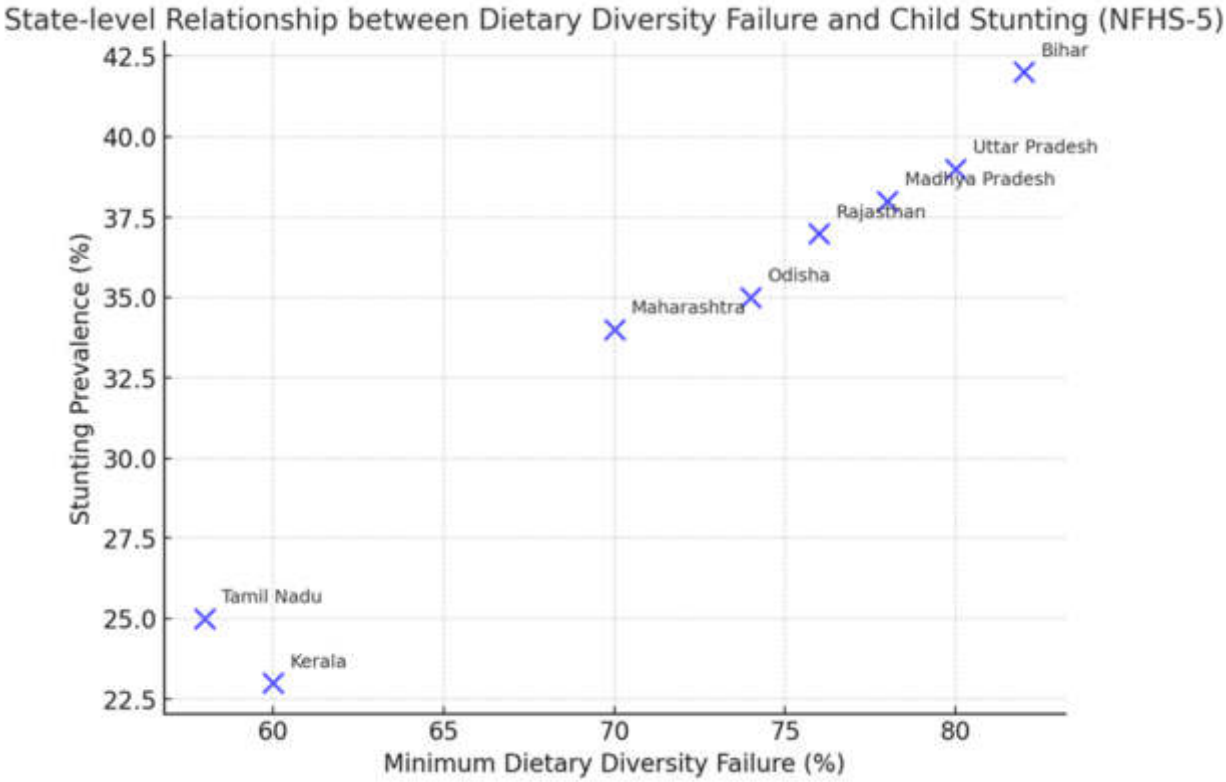
- Free foodgrains to ~81 crore beneficiaries
- National safety net during climate shocks
- Prevents acute calorie insecurity
- Rice fortification pilots for anemia
- School meal integration in some states

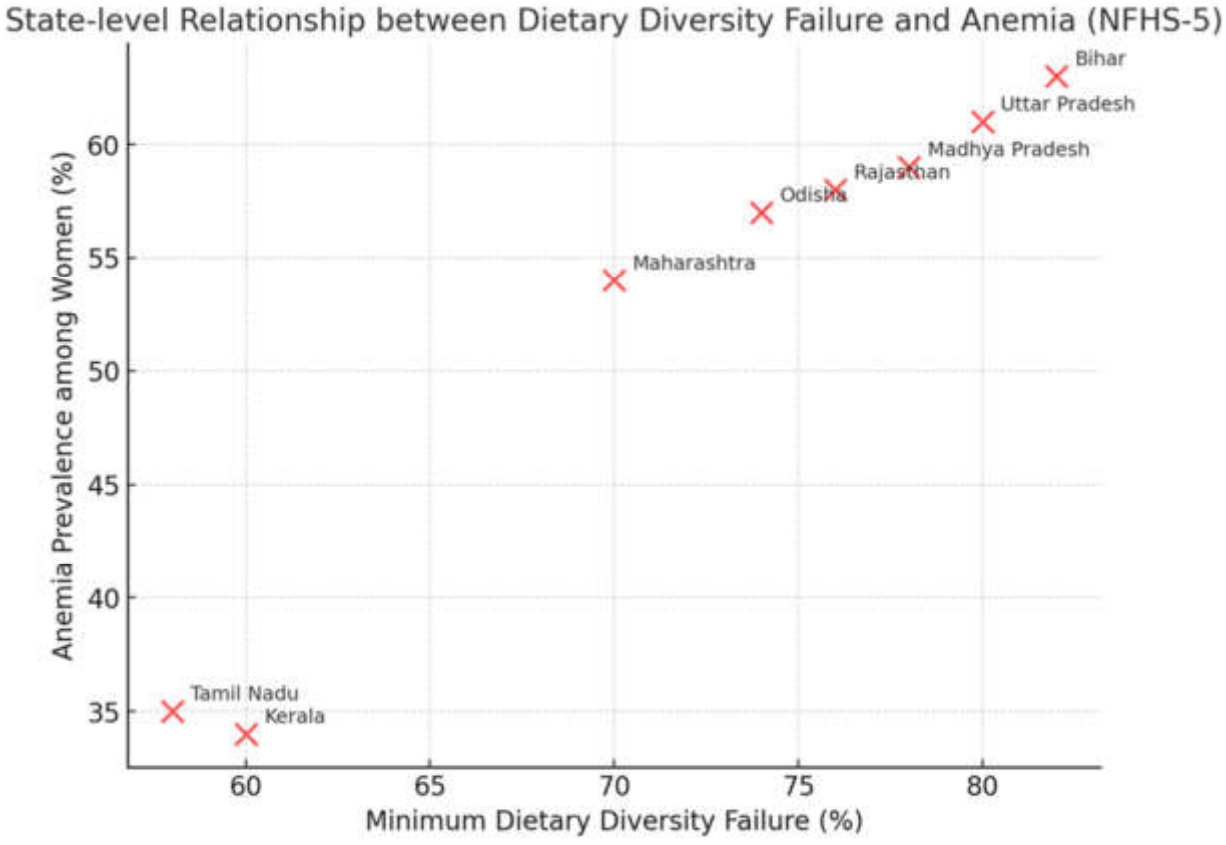
⚠ Gaps:

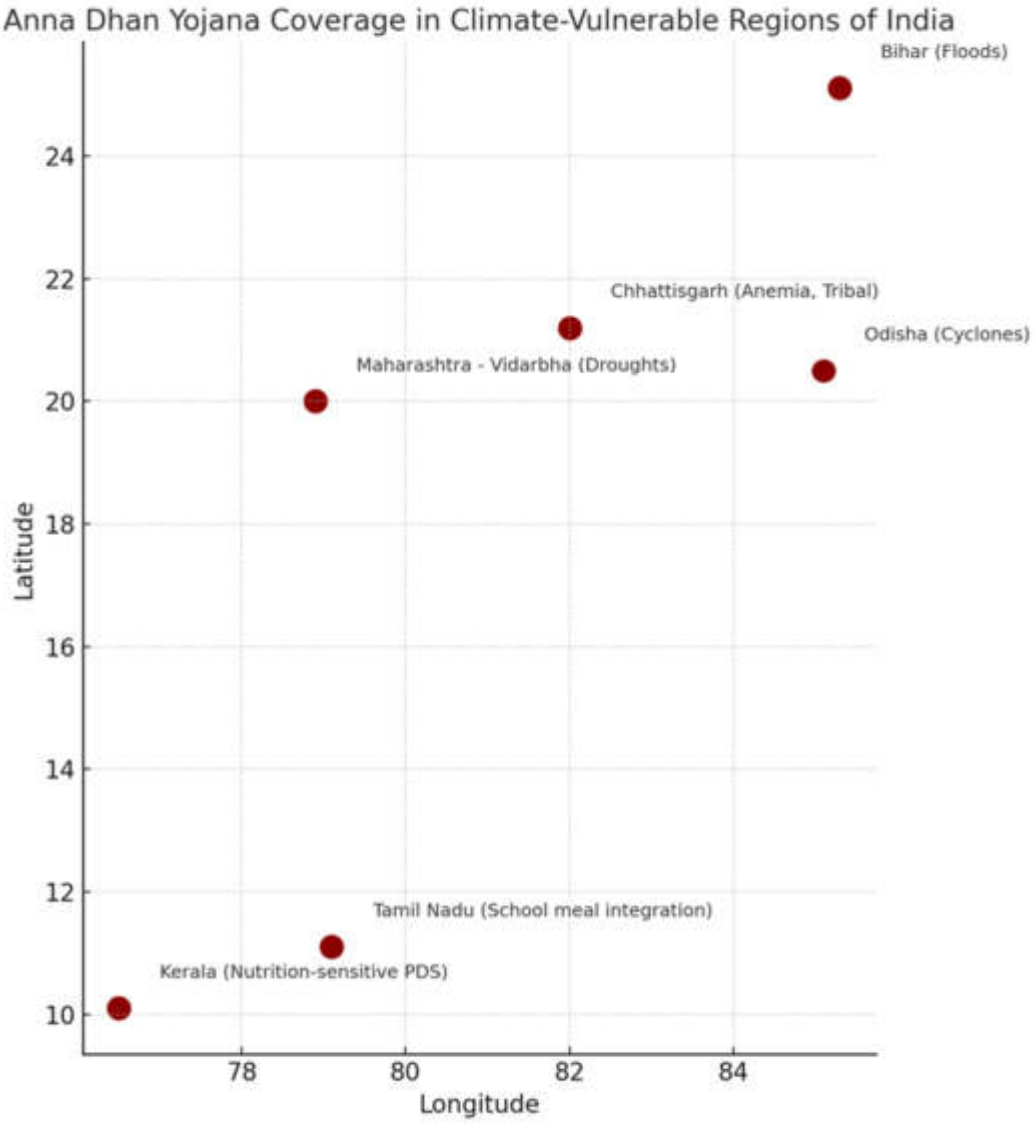
- Cereal-centric basket limits dietary diversity
- Weak impact on micronutrient deficiencies
- High anemia prevalence persists (57% women)
- Uneven fortification implementation

Future Reforms:

- Diversify PDS with pulses, millets, proteins
- Scale nationwide food fortification
- Link with Poshan Abhiyan & ICDS
- Integrate climate adaptation with agriculture
- Shift focus: foodgrain → nutrition security


State-level Relationship between Dietary Diversity Failure and Child Stunting (NFHS-5)
Stunting Prevalence (%)
Minimum Dietary Diversity Failure (%)
Bihar
Uttar Pradesh
Madhya Pradesh
Rajasthan
Odisha
Maharashtra
Tamil Nadu
Kerala
42.5
40.0
37.5
35.0
32.5
30.0
27.5
25.0
22.5
60
65
70
75
80


State-level Relationship between Dietary Diversity Failure and Anemia (NFHS-5)
Anemia Prevalence among Women (%)
Minimum Dietary Diversity Failure (%)
Bihar
Uttar Pradesh
Madhya Pradesh
Rajasthan
Odisha
Maharashtra
Tamil Nadu
Kerala
60
55
50
45
40
35
60
65
70
75
80


Anna Dhan Yojana Coverage in Climate-Vulnerable Regions of India
Bihar (Floods)
Chhattisgarh (Anemia, Tribal)
Odisha (Cyclones)
Maharashtra - Vidarbha (Droughts)
Tamil Nadu (School meal integration)
Kerala (Nutrition-sensitive PDS)
Latitude
Longitude
24
22
20
18
16
14
12
10
78
80
82
84

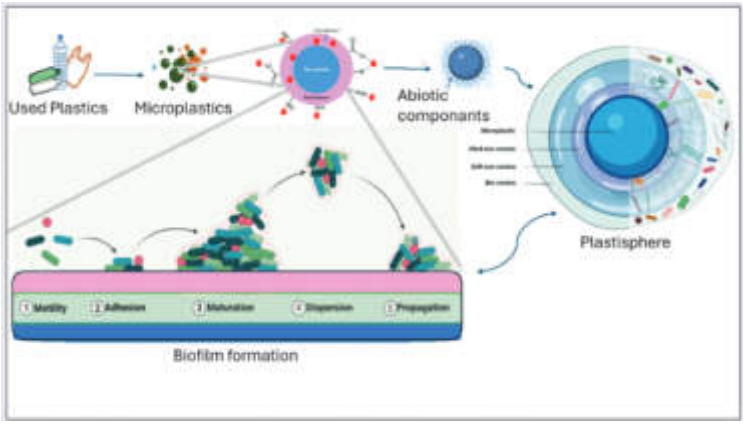
EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ECOLOGY OF THE PLASTISPHERE: ASSEMBLY, FUNCTION, AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF PLASTIC-DWELLING COMMUNITIES

Dr. R. Thiruchelvi
Bıology Teacher, Vel's Vıdhyalaya Cbse School
ORCID: 0000-0001-5532-8597

ABSTRACT

The pervasive accumulation of non-degradable plastics has escalated ecological threats to the environment. These materials exhibit a strong affinity for microplastics (MPs), which serve as carriers for hazardous chemicals and pathogens, ultimately leading to the formation of plasti-spheres. Microplastic (MP) pollution is now widespread across multiple biomes, where they host microbial communities that form biofilms with diverse compositions and functions. MPs provide microhabitats for microbes in marine and terrestrial environments, creating unique micro environ- ments as these organisms colonize plastic surfaces. This study explores the emergence of plasti-spheres—microbial biofilms that develop on microplastics in marine and terrestrial environments.It highlights how MPs act as vectors for harmful pollutants and pathogens, fostering unique microbial communities with ecological implications. The review analyses the composition, struc-ture and functional dynamics of plastispheres, alongside the environmental factors driving their formation. This review examines the community composition, structure and function of plasti- spheres, while also evaluating the factors influencing biofilm formation and the potential ecolo-gical risks posed by these synthetic ecosystems. Finally, it assesses the ecological risks associated with these plastic-bound ecosystems, emphasizing their role in global pollution and ecosystem disruption.



Keywords: Microplastics; biofilm; plastisphere; marine; microorganisms

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

INNOVATIVE APPROACHES TO *N*-ARYL MORPHOLINE SYNTHESIS: FROM METAL CATALYSIS TO METAL-FREE PROTOCOLS

Saeeda Mubashra
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

Matloob Ahmad
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

Abstract
N-Aryl morpholines represent an important class of heterocycles with a wide range of applications in both medicinal chemistry and materials science. Developing efficient methods for constructing the C–N bond that links morpholine with aryl groups remains a key challenge in synthetic chemistry. Transition-metal catalysis, often facilitated by suitable ligands, has enabled highly selective and efficient *N*-arylation processes. At the same time, metal-free strategies such as microwave-assisted protocols, quantum dot-mediated transformations, Lewis acid catalysis, and photocatalysis are emerging as sustainable alternatives. This review examines these methodologies with particular attention to their substrate scope, mechanistic insights, and reaction efficiencies, underscoring the ongoing innovation and refinement in this field. Overall, it provides a contemporary perspective on advances in the *N*-arylation of morpholine reported between 2021 and 2025.

STUDY ON THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF CHEMICALLY MODIFIED ANIONIC AZO DYES AND THEIR POTENTIAL FOR TREATING INFECTIOUS DISEASES

Aliyu Basiru
Umaru Musa Yar'adua University Katsina, Department Of Pure And Industrial Chemistry

Aliyu Danmusa Mohammed
Umaru Musa Yar'adua University Katsina, Department Of Pure And Industrial Chemistry

ABSTRACT
The rise of antibiotic-resistant bacteria necessitates innovative antimicrobial solutions. This study explores the modification of food-grade azo dyes (Tartrazine, Sunset Yellow, Allura Red) by incorporating silver nanoparticles (AgNPs) and quaternary ammonium salts (QAS) to enhance their antibacterial properties. AgNPs were synthesized using Azadirachta indica leaf extract, while QAS was prepared via alkylation of triethylamine with benzyl chloride. The azo dye composites were characterized using FTIR, and SEM-EDX, confirming successful integration of AgNPs/QAS through shifts in functional groups e.g., υ(N=N) at 1400–1550 cm^{-1}. Antimicrobial activity was evaluated against Staphylococcus aureus, Escherichia coli, and Salmonella spp. via agar well diffusion. Results revealed that AgNP-dye composites exhibited superior activity (16.1 mm inhibition zone for S. aureus at 1000 µg/mL) compared to QAS-dye composites (14.7 mm for S. epidermidis), attributed to synergistic effects of Ag^{+} ion release and dye membrane disruption. Gram-positive bacteria showed higher sensitivity due to their cell wall structure. This work demonstrates the potential of chemically enhanced azo dyes as cost-effective, tunable alternatives to conventional antibiotics, with applications in medical coatings, wound dressings, and food packaging.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF SOME SELECTED STORAGE WATER VESSELS AROUND MALE HOSTELS IN HAFED POLY KAZAURE JIGAWA STATE, NIGERIA

Umar, A. A.
Department of Polymer Technology

Hafsat, U. K.
Department of Hospitality and Management, School of Science and Technology. Hussaini Adamu Federal Polytechnic

Fowotade, S. A.
Department of Science Laboratory Technology

Haruna D. A.
Department of Science Laboratory Technology

Mustapha B.
Department of Polymer Technology

ABSTRACT
Water is an important natural resource for sustainability of life on earth. The usual source of drinking water is the streams, rivers, wells and boreholes which are mostly untreated and associated with various health risks. Paucity of infrastructure for effective treatment and distribution of water accounts for the incidence of high morbidity and mortality rate associated with water borne diseases in developing countries. This research work was aimed at quality assessments of storage water vessels in some selected areas around Hussaini Adamu federal polytechnic Kazaure Jigawa state. The samples of water were collected from male hostel areas of polytechnic using standard methods. The physical and chemical analysis of the samples collected was conducted on weekly basis using standard methods. These parameters include Temperature, pH, turbidity, electric conductivity, dissolved oxygen, (DO), biological oxygen demand, (BOD), chemical oxygen demand, (COD), hardness sulphate, nitrate and phosphate. Additionally, the levels of some selected heavy metals such as Cr, Fe, Mn and Ni were determined using Atomic Absorption Spectrophotomer, AAS. The results show that all the selected metals were detected with the following levels Cr (0.0025mg/l), Fe (16.80mg/l), Mn (0.43mg/l) and Ni (0.0075mg/l). The values of all the physicochemical parameters were determined and are within the safe limit set by world health organization, WHO. The water from all the studied sites is ascertained to be safe for consumption as drinking water.
Keywords: Water, Heavy metals, Physicochemical parameters, Hostel, Kazaure

Introduction

One of the basic rights of man is to have physical access to enough, safe and quality water, while the United Nations General Assembly posited that for sustainable development, one of the goals listed for achievement by the year 2030 is availability of pure water and high degree of sanitation for all and sundry. (UNGA, 2018). Even at this, there exit unabated poor water quality which critically affects the wellness of man (Manga et al., 2021). Unarguably, adequate human health and wellness is guaranteed via acceptable quality and appropriate quantity of water. For umpteen times, these two parameters are focused, however while access to safe water has rapidly improved globally, quality of water seems falling down the peck and the deterioration of the water quality is worsening with increasing population and economic advancement (Boretti and Rosa 2019). Water quality is a function of parameters such as physicochemical and bio-aesthetical properties, which governs its potential over the numerous applications, wellbeing of man and aquatic organisms inclusive. Dissolution and/or suspension of contaminants in water often affect these properties to a large extent, the origin of which may be traced to natural and/or artificial occurrences (Luvhimbi *et al.,* 2022). Possession of these aforementioned properties and radiological traits inclusive with reference to local and global standards like World Health Organization standards describes the good quality water. The dwindling water quality may be ascribed to the unchecked entrance of contaminants at varying stages of water supply system comprising distribution and storage (Manga et al. 2020). Even though, a thousand efforts are tailored by numerous local and international bodies towards elevating water quality, presence of contaminants is yet to be eradicated. Feacal residues are the commonest of these contaminants with attendant health risk welded to drinking water. Contamination could be directly or indirectly via anthropogenic events or natural happenings (Fleming et al. 2019). In the indirect water supply system, storage of water has been confirmed as a source of contamination of domestic water. Usually, water storing vessels in the households are confronted with a myriad of hurdles, the resultant of which led to abrupt lowering of the quality of water. The vessels used to store water, which may be made from different substances ranging from steel, plastic, concrete e.t.c. often house a number of pathogens responsible for untold health risks. Waterborne diseases which are vectored by microbes, bacteria and virus alike being the constituents of contaminated vessels employed for storing domestic water raises the challenges of wide spread of waterborne illnesses and may ultimately pave way for outbreaks of infectious disease (Nnaji et al. 2019: Manga et al. 2021). According to United Nations projection of 2018, close to 6 billion individuals will encounter scarcity of clean water by 2050 (Boretti and Rosa 2019), thus precipitating the urge to investigate sources of water contamination. In Nigeria, dwellers in cities, metropolis, towns are fortunate to be supplied by treated water from the government water board. The urban settlements enjoin the privilege of direct transportation of water to their courtyard while the reverse is the case of the rural dwellers. The latter have to travel distance kilometers to fetch water from the few taps stationed on the streets. During this process the attitude of handling the water from the tap to the households ultimately pave way for entry of contaminants into the water body. Inhabitants of rural and semi-urban areas often experience inconsistent supply of water thereby necessitating the need to store water over a period of time. This study was conducted in a semi-urban community of Kazaure town specifically at the male hostel Hussaini Adamu Federal Polytechnic, Jigawa, Nigeria.

The present study evaluates the quality of water at the point of use via jerry cans (household secondary storage vessels) by assessing the physicochemical parameters and trace metal loads of the stored water.

Methods

Study area: The study was at the male hostels Hussaini Adamu Federal polytechnic (HAFED poly) in the municipality of Kazaure, Jigawa State, Nigeria. The coordinates of HAFED poly is ($12^0$38'04.8"N, $8^0$25'17.2"E) Fig 1. The male hostels are neighbor to the school of engineering
and students mosque in the polytechnic community.

Fig 1 Hussaini Adamu Federal Polytechnic, (HAFED POLY) Kazaure

Sampling and sample preparation

Prior to the collection of water samples from the centrally located big reservoir tank at the male hostel permission was sought from the hostel care-taker. Samples were collected in the early hours of the day before the rush hours by the primary users of the reservoir tank around 06h00 and 07h00. The water is stored in a secondary storage reservoir popularly called Jerry can over a period of a month (1^{st} – 30^{th} August, 2023) in the laboratory. This storage facility typifies the one often used by the students living in the hostels. Samples of water were collected into 10L Jerry can which has been sterilized to remove any form of foreign substances. The samples were then taken the chemistry laboratory, which is housed in the Science Laboratory Complex of the polytechnic. The harvested samples were stationed in a cooler vessel containing ice cubes while being vehicle to the laboratory. Physicochemical parameter determinations and trace metals concentration analysis were carried out on the representative samples

Physicochemical parameters determination: Tests such as pH, temperature, conductivity and turbidity were performed with the aid of a multimeter (model HI "HANNA") guided by the American Public Health Association standards protocols and methods (APHA, 2010). The calibration of the equipment was done before the commencement of the measurements under the guidance of the guidelines of the manufacturer. On complete immersion of the probe in the water sample and momentarily hang up for a period of 10 minutes to ensure a reliably stable reading, the value obtained is then recorded.

The probe is clean with double distilled water, after each water sample measurement to prevent cross contamination arising from among different samples of water. The Jenway Model 9070 water proof meter was used in the determination of dissolved oxygen (DO) content of samples of water. HANNA multi parameter logging spectrophotometer (HI83200) was used to digitally determine the nitrate, phosphate and sulphate in the water samples.

AAS analyses of trace elements: Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) aided the analysis of the trace metals concentration. The instrument was standardized with standard solutions of compounds of Iron, Manganese, Nickel and Chromium, aiding the generation of standard calibration curve for the determination of the metals. The analytical precision was monitored via the often analysis of the standards and the blanks. In order to constantly check the drift throughout the AAS analysis, ensure proper calibration of the equipment and guarantee quantification of chosen trace metals prior to sample analysis, the presence of the standard solutions cannot be over-emphasized.

Results

Water samples analysis. The water samples analysis is a function of physico-chemical parameters determination and trace metals' concentration assay.

Physico-chemical analysis. As shown in Table 1, after a month of storage in the secondary reservoir tank, the pH value ranges from 7.23 to 9.50, electrical conductivity, EC values ranged between 128 and 142 µS/cm, turbidity value varied from 6.00 to 8.70 NUT whereas DO varied between 4.25 and 8.02 mg/L, BOD varied from 0.25 to 0.39 mg/L, COD ranged from 2.04 to 6.07 mg/L, $CaCO_3$ ranged from 61.2 to 63.23 mg/L, Chloride varied from 4.33 to 6.09 mg/L, Nitrate ranged between 12.03 to 15.00 mg/L, sulphate varied within 1.20 and 6.90, and phosphate value ranged from 0.10 to 1.40 mg/L.

Table 1. Physiochemical Parameters of secondary storage facility water sample from male Hostel main reservoir tank, HAFED poly, Kazaure

Parameters	1st Weeks	2nd Weeks	3rd Weeks	4th Weeks
Temp. ^{O}C	25.0	26.0	29.0	27.2
pH	8.0	7.23	9.0	9.5
Conductivity (µs/cm)	142	138	131	128
DO (mg/l)	8.02	7.00	5.09	4.25
BOD (mg/l)	0.39	0.32	0.28	0.25
COD (mg/l)	2.80	3.40	2.04	6.07
$CaCO_3$ (mg/l)	61.2	62.9	63.01	63.23
Chloride (mg/l)	5.17	6.09	5.24	4.33
Turbidity NUT	8.70	7.40	7.20	6.00
Nitrate (mg/l)	13.4	12.03	15.00	13.03
Sulphate (mg/l)	6.90	1.20	1.90	1.50
Phosphate (mg/l)	1.40	0.10	0.60	0.40

Trace metals' analysis. The minimum and maximum concentrations of trace metals (Mn, Fe, Cr and Ni) present in water samples from the secondary reservoir over a month storage are presented in Table 2.

Table 2. Trace metal concentrations of secondary storage facility water sample from male Hostel main reservoir tank, HAFED poly, Kazaure

Metals	1st Week	2nd Week	3rd Week	4th Week
Cr (mg/l)	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe (mg/l)	17.5	18.68	16.2	14.81
Mn (mg/l)	0.31	0.62	0.41	0.38
Ni (mg/l)	0.01	0	0.01	0.01

Discussion

The present study successfully unveils important data about the quality of water in the male hostel Hussaini Adamu Federal polytechnic, in a semi-urban area of kazaure township, Jigawa Nigeria, by determining the physicochemical parameters and analyzing the trace metals loads of the treated water piped into the centrally place big reservoir from the government water board services.. The reservoir received its supply from the state water board and it is centrally placed in the hostel for easy access. The students often obtain water for their various end uses by fetching water from the big reservoir tank and then into the storage containers which may be tagged secondary storage facility. The attitude of the students to exchange containers in the course of transporting the water from the main hostel reservoir to the point of use often gives room for the entrant of contaminants. Generally, the dry season often witnessed low load of contamination compared to the wet season (Luvhimbi et al., 2022). The present study was conducted during the wet season in the north-western region of Nigeria.

The wet season in Kazaure township and the whole of Jigawa state is used to experience high temperature which is a conducive condition for the growth of microorganisms. Additionally, the same quantity of chlorine is used by treatment plant during both seasons for the purification of water, however, the turbidity of influent water seems to be on the increase during the raining season. This effect often lowers the residual chlorine level in the treated water (Edokpayi *et al*., 2018). The pH of the secondary storage facility (Jerry can) water samples over a month of study ranges from 7.23 to 9.50. This is slightly alkaline. This value concords with the recommended maximum permissible limits set by Standards Organization of Nigeria, SON (5.0 – 9.7) and equally comparable to outcomes from similar research work in the recent past (Edimeh *et al*., 2011). The turbidity value recorded in this study is higher than the recommended value (5.0 NTU) of standard organization of Nigeria (SON). This may be due to the seasonal variation in the composition of water as this work was conducted during the raining season. The level of hardness reported in this study is far below the SON permissible limit of 150 mg/L, which suggest that the water in the studied area is free from dissolved magnesium and calcium ions that are causative species for water hardness. The conductivity parameter across all sampled water recorded a range of 128 µS/cm to 142 µS/cm, which is in agreement to SON recommended value. Rahmanian et al., (2015) posited that electrical conductivity of water is a dependent factor on the amount of dissolved solids like chloride salts of calcium and magnesium. These values agreed with the recommended value of SON 1000 µS/cm (SON, 2007). Metals like copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) are essential requirements optimal physiological advancement and development of the organisms, however, in slightly raised amounts, these essentials metals masquerade as enemy of man and aquatic organisms due to their uncompromising toxicity. (Edokpayi *et al.*, 2018) This stand is also corroborated by Muhammad *et al*., (2011), where the team concluded that elevated trace element loads usually lowers and degenerate water quality and leads to public health risks as a result of their hazardous , bio-accumulation and un-degradable potential. The outcome of this study shows that the levels of Mn and Ni are within the value recommended by SON for household usage. Human health needed Fe for the synthesis of protein haemoglobin, a carrier of oxygen to every parts of human body from the lungs. Alteration of the required level of Fe could pose serious negative effect on the biochemical functions of the human body (Milman, 2008). According to SON (2007), the maximum permissible limit for Fe in drinking water is 0.30 mg/L. The values recorded in this work are far above this concentration. Even almost the same outcome was reported by Jamshaid *et al*., (2018). Anyway, high level of Fe in water is safe for drinking save the introduction of a metallic taste into water as a function of presence of excess Fe. Our study reported almost zero concentration of Cr. The results of our study conform with the recommendations of both SON (2007) and WHO (2011). Cr is useful at ultra-trace level while harmful when in high concentration. Mohod and Dhote (2013) unveiled similar outcomes.

Conclusion

The deteriorating and degrading of water quality is significantly attributed to the less hygienic handling practices perpetrated in the course of transporting the water. The sample of water assayed from the Jerry cans unveiled physicochemical parameters and trace metals loads that are in concordance with the maximum permissible limits of the duo of WHO and SON standards for portable drinking water.

We thereby suggest that the maintenance of residual chlorine at the source points be met with strict measures to prevent its occurrence. Government and relevant stakeholders should ensure that the supply of treated water to Kazaure, which houses Hussaini Adamu Federal polytechnic and its environs be regular to avoid unnecessary secondary storage facility at the point of use. In case of any eventuality, the inhabitants may as well be educated on the appropriate handling practices that maximally curtail the contamination of the water via transportation from source point to point of use.

References

Association, A. P. H. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* 16th edn. (American Public Health Association, Washington, 1992).

Boretti A, L., Rosa., (2019) Reassessing the projections of the World Water Development Report. Clean Water 2:1

Edokpayi, J. N., Enitan, A. M., Mutileni, N. & Odiyo, J. O. Evaluation of water quality and human risk assessment due to heavy metals in groundwater around Muledane area of Vhembe District, Limpopo Province, South Africa. *Chem. Cent. J.* **12**, 2 (2018)

Edimeh, P. O., Eneji, I. S., Oketunde, O. F. & Sha'Ato, R. Physico-chemical parameters and some heavy metals content of Rivers Inachalo and Niger in Idah, Kogi State. *J. Chem. Soc. Nigeria* **36**, 95–101 (2011)

Fleming L, Anthonj C, Thakkar MB, Tikoisuva WM, Manga M, Howard G, Shields

KF, Kelly E, Overmars M, Bartram J (2019) Urban and rural sanitation in the Solomon Islands: how resilient are these to extreme weather events? *Sci Total Environ* 683:331–340

Jamshaid, M., Khan, A. A., Ahmed, K. & Saleem, M. Heavy metal in drinking water its effect on human health and its treatment techniques—a review. *Int. J. Biosci.* **12**, 223–240 (2018)

Luvhimbi, N., Tshitangano, T. G., Mabunda, J. T., Olaniyi, F. C. & Edokpayi, J. N.,

(2022) Water quality assessment and evaluation of human health risk of drinking water from source to point of use at Thulamela municipality, Limpopo Province *Scientific Reports* | (2022) 12:6059 | https://doi.org/10.1038/s41598-022-10092-4

Manga M, Bartram J, Evans B (2020) Economic cost analysis of low-cost sanitation

technology options in informal settlement areas (case study: Soweto, Johannesburg). Int J Hygiene Environ Health 223(1):289–298

Manga, M., Ngobi, T. G., Okeny, L., Acheng, P., Namakula, H., Kyaterekera, E., Nansubuga. I. and Kibwami, N. (2021) The effect of household storage tanks/vessels and user practices on the quality of water: a systematic review of literature *Environ Syst Res (2021) 10:18*

https://doi.org/10.1186/s40068-021-00221-9

Milman, N. Prepartum anaemia: Prevention and treatment. *Ann. Hematol.* **87**, 949–959 (2008)

Mohod, C. V. & Dhote, J. Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *Int. J. Innov. Res. Technol.Sci. Eng.* **2**, 2992–2996 (2013)

Muhammad, S., Shah, M. T. & Khan, S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Microchem. J.* **98**, 334–343 (2011)

Rahmanian, N., *et al*. Analysis of physiochemical parameters to evaluate the drinking water quality in the State of Perak, Malaysia. *J. Chem.* 1–10. Article ID 716125 (2015)

Standard Organization of Nigeria (SON). 30-1: Nigerian Standard for Drinking Water quality, ICS 13.060.20 (2007).

Tagliabue, A., Aumont, O. & Bopp, L. The impact of different external sources of iron on the global carbon cycle. *Geophys. Res. Lett.* **41**, 920–926 (2014)

United Nations General Assembly (2018), The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals: An opportunity for Latin America and the Caribbean (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago

WHO. *Guidelines for Drinking Water Quality* 4th Edn (World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2011). http:// apps. who.int/ iris/ bitst ream/ 10665/ 44584/1/ 97892 41548 151_ eng. pdf.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

GREEN SYNTHESIS OF NICKEL OXIDE NANOPARTICLES USING *FRUCTUS LIMONIS* PEEL EXTRACTS AND INVESTIGATION OF THEIR BIOLOGICAL PROPERTIES

Asma Azhar
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

Bushra Parveen
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

Fizza Mubeen
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

Kulsoom Ghulam Ali
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

Ameer Fawad Zahoor
Department of Chemistry, Government College University Faisalabad

ABSTRACT

The main goal of this work is synthesizing nickel oxide nanoparticles (NiO NPs) utilizing an extract from *Fructus limonis* peel extract using a sustainable and environmentally friendly method of green synthesis. Characterization of the produced NiO NPs was carried out by means of UV-Visible spectroscopy, FTIR, SEM, and particle size analysis. Consistent absorption peaks at 320 nm in distilled water and 347 nm in ethanol were detected using UV-Visible spectroscopy, which validated the successful production of NiO NPs. The existence of NiO was confirmed by FTIR analysis, which revealed a number of functional groups, such as O-H, C-H, C=O, and metal-oxygen bonds. Particle sizes were found to be 60 nm, which is in line with nanoscale dimensions, and scanning electron microscopy revealed an uneven and porous shape. At increasing concentrations, the antibacterial action of NiO NPs was most pronounced when tested against Gram-positive *Staphylococcus aureus* and Gram-negative *Escherichia coli*. These results provide an eco-friendly substitute for traditional synthesis techniques and raise the possibility of green-synthesized NiO NPs having uses in biomedicine, especially as antibacterial agents.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SELECTIVE EXTRACTION AND RECOVERY OF ZINC FROM JAROSITE USING PROTIC IONIC LIQUID

Pushpendra Kushwaha
Department of Chemical Engineering, Malaviya National Institute of Technology

Madhu Agarwal
Department of Chemical Engineering, Malaviya National Institute of Technology

Abstract
This study focuses on the development and application of protic ionic liquid (PIL), namely Tri(2-hydroxyethyl) ammonium Salicylate (TSIL), for the selective extraction and recovery of zinc (Zn) from jarosite. The PIL was developed via a reaction of triethanolamine with salicylic acid. Due to their hydrophilic nature, no organic solvent was needed for dilution. Prior to extraction, jarosite was thermally treated at 600°C for 60 minutes to improve its reactivity, and the structural changes were analyzed using XRF, XRD, SEM, and FTIR. Batch extraction experiments evaluated the influence of stirring time (30-150 min), ammonium molarity (0-2 mol/L NH3 solution), liquid-to-solid (L/S) ratio (10-30 ml/g), and temperature (30-60°C) on Zn recovery. TSIL achieved a maximum Zn extraction efficiency of 68.57%, with minimal co-extraction of iron and lead. Electrochemical deposition was employed to recover Zn from the metal-loaded PIL solution, and the remaining PIL were reused for extraction, enhancing the sustainability of the process. Overall, the use of low-cost, recyclable, and environmentally friendly PIL offers a promising and sustainable method for the selective extraction and recovery of zinc from jarosite.
Keywords: Zn, TSIL, Extraction, Jarosite, Electrodeposition

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BIO-INSPIRED AERONAUTICS: LEARNING FROM PIGEONS, OWLS, AND FALCONS ON FLIGHT SPEED AND ACOUSTICS

Onyeka Stanislaus Okwundu
Science and Engineering Unit, Nigerian Young Researchers Academy (NYRA)
Department of Chemical and Biological Engineering, University of Wisconsin

Abstract
Engineering is often inspired by biomimicry, the ability to copy Mother Nature. Inspired by the natural diversity of birds, this study compares the salient flight features of the pigeon, owl, and peregrine falcon to propose potential advances for aeronautics. With a large body mass and narrow wings, pigeons have a high wing loading (>1 g/cm2), enabling fast flight through noisy, powerful wing flapping. In contrast, nocturnal owls, with their low wing loading (<0.55 g/cm2), rely more on gliding than flapping, which causes minimal turbulence and maintains the silence of the night. Meanwhile, falcons possess a wing loading between that of owls and pigeons. Nevertheless, falcons hold the avian speed record due to a specialized anatomy and an aerial hunting style that involves a gravity-assisted high-speed dive, known as the stoop. However, in regular, horizontal flapping flight, a falcon is not significantly faster than a pigeon. Owls, on the other hand, utilize specialized feathers—including serrated leading edges, velvety wing surfaces, and fringed trailing edges—to manipulate airflow and absorb sound, enabling them to hunt effectively in silence, even during flapping flight. While wing loading is a well-established aeronautical concept for regulating flight speed, the physical adaptations of an owl's wings and feathers offer under-explored lessons. It is proposed that these biological insights can be applied to silence the moving parts of drones, jet fighters, and helicopters.
Keywords: Avian-inspired engineering; biomimetic aerodynamics; owl feather morphology; noise reduction; silent flight; aeroacoustics

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, ANTIOXIDANT AND BIOLOGICAL STUDIES OF SOME DIVALENT TRANSITION METAL COMPLEXES DERIVED FROM SUBSTITUTED MALONIMIDATE AND SUBSTITUTED MALONIMIDIC ACID

Sanusi Tajuddeen
Department of Pure and Industrial chemistry, Faculty of Natural Science, Umaru Musa Yar'adua University Katsina

Muhammad Saleh Salga
Department of Pure and Industrial chemistry, Faculty of Natural Science, Umaru Musa Yar'adua University Katsina

Abstract
Schiff bases N′,N″-bis(2-aminoethyl)-2,2-diethylmalonimidate (L1) and 2,2-diethyl-N′,N″-bis(2-(piperazin-1-yl)ethyl)malonimidic acid (L2), along with their Cr(II), Co(II), Ni(II), and Fe(II) complexes, were synthesized and characterized. Physicochemical studies including solubility, melting/decomposition temperature, conductivity, magnetic susceptibility, FTIR, and UV-Visible spectroscopy were employed.The ligands and complexes exhibited good solubility in polar solvents, suggesting possible ionic nature, while conductivity values in DMSO (<50 Ω cm^2 mol^{-1}) indicated non-electrolytic behavior. Magnetic susceptibility revealed diamagnetic properties for Fe(II), Cr(II), and Ni(II) complexes, while Co(II) complexes were paramagnetic. FTIR spectra confirmed Schiff base formation with characteristic azomethine bands that shifted upon coordination, and UV-Vis data supported proposed geometries.
Keywords: Schiff base, Transition metal complexes, Antioxidant activity, Antimicrobial activity, Malonimidate, Malonimidic acid

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

REPURPOSING OF ATORVASTATIN TRANSETHOSOMAL GEL FOR EFFICIENT WOUND HEALING IN MOUSE MODEL: STATISTICAL OPTIMIZATION, *IN VITRO* AND *IN VIVO* INVESTIGATION

Prof. Fakhar ud Din
Nanomedicine Research Lab, Department of Pharmacy, Quaid-i-Azam University Islamabad

Sumiya Gul, Zakir Ali
Nanomedicine Research Lab, Department of Pharmacy, Quaid-i-Azam University Islamabad

ABSTRACT

Wound healing is a complex process requiring effective therapeutic interventions to accelerate wound recovery with improved outcomes. Atorvastatin (ATR), mainly used in cardiovascular diseases, has recently been repurposed for different aliments, including wound healing. However, it faces challenges related to its poor permeability, thereby reducing its therapeutic efficacy. This research aims to develop ATR-loaded transethosomes (ATR-TEs), followed by their incorporation in hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-based gel to fabricate ATR-TEG, for topical application with improved permeation and enhanced wound healing effect. ATR-TEs were prepared using thin film hydration method and were optimized through a Box-Behnken design, focusing on particle size (PS), polydispersity index (PDI), zeta potential (ZP), and entrapment efficiency (%EE). The optimized ATR-TEs formulation demonstrated a PS of 238.0 ± 6.646 nm, PDI of 0.163 ± 0.069, ZP of -45.2 ± 0.070 mV, and %EE of 86.8 ± 3.01%. The spherical morphology of ATR-TEs was confirmed by transmission electron microscopy (TEM), and the components compatibility was determined by Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy. Moreover, viscosity (5657 ± 127.27 cP) and spreadability (300 ± 50 %) of the ATR-TEG were found suitable for topical application. ATR-TEs and ATR-TEG demonstrated sustained release profiles with 92.60% and 78.45% ATR release at pH 7.4 after 24 h, respectively. Furthermore, a significantly enhanced flux was demonstrated by ATR-TEs (15.67 µg/cm²/h) and ATR-TEG (11.67 µg/cm²/h), respectively, when compared with the flux of ATR-PG (4.21 µg/cm²/h). In addition, a significantly enhanced wound closure was observed in ATR-TEG-treated group (92.5% ± 1.5), when compared with the wound closure in ATR-PG-treated group (62.8% ± 3.2) and untreated wound group (48.9% ± 4.0), thereby indicating improved wound healing effect in mice excision model. Finally, the histopathological study with Hematoxylin and Eosin (H&E) and Masson's trichrome staining revealed that skin treated with ATR-TEG had better collagen fiber arrangement, greater dermal organization, and increased re-epithelialization, when compared with other test groups. It may be concluded that ATR may effectively be used as a repurposing agent via ATR-TEG for topical application with sustained release, improved penetration and augmented wound healing.

Keywords: Atorvastatin; Wound healing; Nanogel; Transethosomes; Hydroxypropyl methylcellulose.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

REDUCED FINANCIAL COSTS AS A DETERMINING FACTOR IN THE CHOICE OF ALTERNATIVE DISPUTE RESOLUTION METHODS

Rareș-Vasile Voroneanu-Popa
Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy

Richard Constantinescu
Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy

ABSTRACT
Medical malpractice disputes are well known for the significant financial resources they require. In such proceedings, the main actors are the physician and the patient, two parties with opposing interests. From a financial standpoint, malpractice litigation is costly for both sides. It also necessitates the administration of evidence, which is not to be overlooked. Judicial expert reports, as well as other evidentiary means, entail considerable expenses for both the doctor and the person harmed by the medical act.
In this regard, legal scholarship emphasizes that alternative dispute resolution mechanisms are recognized for involving substantially lower costs than traditional litigation. In fact, they are increasingly used, particularly in medical conflicts. There are also national legal systems that encourage the use of such instruments, as the resulting savings are felt even at the level of consolidated state budgets. The aim of this study is to identify the views expressed in the scholarly literature regarding the financial costs associated with the use of alternative mechanisms in medical malpractice disputes.
Keywords: medical malpractice, malpractice, medical liability, alternative dispute resolution

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ASSESSMENT OF ADMETOX PROPERTIES OF *AGERATUM CONYZOIDES* FLAVONOIDS

Marvel Reuben Suwitono
Pharmacy Dept. Universitas Advent Indonesia

Martin Culbert
MBBS Dept. ChongQing Medical University

Maria Charlottian
Medicine Dept. Universitas Udayana, Bali

Tania Miranda
Pharmacy Dept. Universitas Advent Indonesia

Alvin Reynaldi Rumimper
Pharmacy Dept. Universitas Advent Indonesia

Titin Sulastri
Biology Dept. Universitas Advent Indonesia, Bandung

ABSRACT
Ageratum conyzoides is a medicinal plant rich in diverse bioactive compounds, including flavonoids, terpenoids, steroids, lignans, tannins, saponins, and peptide derivatives. This study comprehensively assessed the ADMETox (Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion, and Toxicity) properties of its major bioactive constituents, with a focus on flavonoids as the primary therapeutic agent. Key compounds identified include flavonoids (quercetin, kaempferol, and ageconyflavones), terpenoids (friedelin), phytosterols (stigmasterol, brassicasterol), lignans (sesamin), and amide derivatives (aurantiamide acetate). Computational in silico methods were used to evaluate the pharmacokinetic and toxicity profiles among these chemical classes. Results indicated generally good absorption, distribution, metabolic stability, and potential low toxicity, supporting its therapeutic relevance. The broad spectrum of bioactives in *Ageratum conyzoides* supports its traditional medicinal applications, exhibiting antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and other pharmacological activities. This integrative ADMETox assessment highlights the potential of *Ageratum conyzoides* bioactive compounds as promising candidates for drug development while emphasizing the importance of evaluating multiple classes of compounds to ensure safety and efficacy in phytochemical research.
Keywords: *Ageratum conyzoides*, flavonoids, ADMETox, pharmacokinetics

MACHINE LEARNING IN ADVERSE DRUG REACTION PREDICTION

G.David,
Faculty of Pharmacy,Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai

S.Kalaivanan
Faculty of Pharmacy,Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai

Dr.R.Srinivasan
Faculty of Pharmacy,Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai

ABSTRACT
Adverse Drug Reactions (ADRs) are a major cause of morbidity, mortality, and increased healthcare costs worldwide. Traditional pharmacovigilance systems largely rely on spontaneous reporting and manual review, which are often limited by underreporting, delayed detection, and difficulty in managing large-scale data. Recent advances in machine learning (ML) have opened new avenues for predictive modeling and early detection of ADRs by analyzing complex, high-dimensional healthcare datasets. Machine learning algorithms, including decision trees, random forests, support vector machines, and deep learning models, can process electronic health records, patient demographics, clinical notes, genomic data, and real-world evidence to identify hidden patterns associated with ADRs. Integration of natural language processing further enhances the ability to mine unstructured medical data, such as physician notes and social media, for drug safety signals. Compared to traditional methods, ML-based systems offer improved sensitivity, specificity, and scalability in ADR detection. Furthermore, the predictive capability of ML can support clinicians in personalized drug therapy, minimize risks, and improve patient safety outcomes. Despite these advancements, challenges remain, such as data privacy, interpretability of black-box models, and the need for standardized regulatory frameworks. Continued research, combined with ethical deployment, will enable ML-driven ADR prediction systems to become a cornerstone in precision medicine and pharmacovigilance, ultimately transforming patient care and drug safety monitoring.
Keywords: Machine learning, Adverse learning, Pharmacovigilance ,Predictive Modelling, Patient Safety.

"INVESTIGATION OF THE EFFICACY OF A NOVEL VACCINE AGAINST CANINE PARVOVIRUS"

G. David
Undergraduate Students, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai

R. Swathi
Undergraduate Students, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai

ABSTRACT
Canine parvovirus (CPV) remains one of the most severe and contagious viral diseases affecting dogs, particularly puppies, leading to high morbidity and mortality rates. Despite the widespread use of existing vaccines, outbreaks still occur, often due to antigenic variations or inadequate immune responses. This study investigates the efficacy of a newly developed vaccine designed to offer broader and more robust protection against emerging CPV variants, particularly CPV-2c. A controlled trial was conducted involving 60 healthy puppies, divided into three groups: the novel vaccine group, a group receiving a conventional CPV vaccine, and an unvaccinated control group. Following vaccination and subsequent viral challenge, clinical symptoms, viral shedding, antibody titers, and survival rates were monitored and compared over a six-week period. Results showed that the novel vaccine induced a significantly higher and faster immune response, with 95% protection against clinical disease and reduced viral shedding compared to the conventional vaccine group. No adverse reactions were observed. These findings suggest that the novel CPV vaccine offers enhanced protection and could play a crucial role in controlling parvoviral outbreaks, especially in high-risk environments such as shelters and breeding facilities. Further studies are recommended to assess long-term immunity and field efficacy.
Keywords: Canine parvovirus, CPV-2c, novel vaccine, immunogenicity, antibody response, viral shedding, clinical protection.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PREDICTION OF BUCKLING LOAD CAPACITY OF SANDWICH PANELS UNDER AXIAL COMPRESSION USING VIBRATION CORRELATION TECHNIQUE (VCT)

Dr. Öğr. Üyesi Haluk YILMAZ
Eskisehir Technical University, Vocational School of Transportation
ORCID: 0000-0002-6750-3708

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KOCABAŞ
Eskisehir Technical University, Vocational School of Transportation
ORCID: 0000-0003-0600-2034

ABSTRACT
Sandwich panels are widely used in engineering fields such as aerospace, automotive, and construction due to their high stiffness-to-weight ratio, lightness, and energy absorption capacity. However, these structural members are highly sensitive to buckling under axial compressive loads, and once the critical load is exceeded, they may experience sudden stability loss. Failure to accurately predict buckling behavior poses serious risks for structural safety and can lead to significant economic losses. Therefore, determining the load-carrying capacity of sandwich panels through reliable and non-destructive methods is a crucial engineering challenge. In this study, the buckling behavior of sandwich panels and their load-carrying capacities were investigated using the Vibration Correlation Technique (VCT). Three different face sheet materials (Aluminum, Steel, and Carbon Fiber) combined with a PVC foam core were fabricated into sandwich panels and tested under axial compression. The experimental program was carried out in two phases: in the first stage, natural frequency shifts were monitored using VCT to estimate the critical buckling loads; in the second stage, conventional destructive compression tests were performed to validate the results. The findings revealed that the panels exhibited different load-bearing capacities and failure modes depending on the face sheet material. Steel-faced panels achieved the highest buckling resistance, aluminum panels offered weight reduction benefits, carbon fiber panels had relatively lower carrying capacity in any case. Comparisons between VCT-based predictions and destructive test results indicated a reasonable level of correlation, demonstrating the applicability of VCT to sandwich panel systems. Overall, the study highlights that VCT provides a promising, fast, and non-destructive approach for predicting critical buckling loads in lightweight and thin-walled structures, offering practical advantages for structural design.
Keywords: Buckling, Sandwich Panel, VCT, Axial Loading, Numerical Analysis.

INTRODUCTION
Sandwich panels are multilayered structural elements that represent a special class of thin-walled structural systems, combining load-bearing performance with lightweight performance. These panels consist of two thin, high-rigidity face plates interspersed with a thicker, lower-density core material. The face plates, typically made of thin-walled metal alloy plates, serve as the primary load-bearing elements, supporting buckling and bending loads, while the core structure (e.g., polymer foam or honeycomb) provides shear rigidity between these plates, increasing the overall structure's resistance to buckling and collapse. This structural configuration allows sandwich panels to offer high flexural rigidity and buckling strength yet remain relatively lightweight.

These characteristics make them widely preferred in engineering applications where lightweight construction and high structural strength are required simultaneously.

Thin-walled sheet metal is generally used by joining in practical engineering applications. Various joining methods, including riveting, welding, bolting, soldering, and adhesive bonding, are utilized for this purpose. In the manufacture of sandwich panels, unlike other thin-walled sheet metal structures, epoxy-based adhesives are often used to bond the face sheets to the core material. The primary reason adhesives are preferred over traditional mechanical fasteners such as rivets, bolts, or welding is that mechanical connections cause irregular (non-uniform) stress distributions in the joint areas. However, adhesive bonds facilitate more uniform load transfer, allowing for a more uniform stress flow.

Buckling in sandwich panels requires a more comprehensive analysis than traditional plate and shell buckling due to the panel's complex structure. The buckling behavior of sandwich panels results from the complex interactions between the panel's components, the face plates and the core material. In such panels, buckling can occur not only across the entire panel plane but also in various modes, both locally and globally.

Buckling, one of the most fundamental stability problems in thin-walled structural elements, stands out as a critical design criterion for sandwich panels. Despite their light weight, these panels, which possess high load-bearing capacity, are particularly susceptible to buckling behavior. Therefore, accurately estimating the buckling loads of sandwich panels is crucial for safe, efficient, and economical structural design. In recent years, the Vibration Correlation Technique (VCT), a non-contact, dynamic method for determining buckling loads, has attracted attention as an alternative to traditional static approaches. The VCT stands out for its potential to predict critical loads, particularly for geometrically complex and stability-sensitive structural elements. In this respect, it offers significant advantages both in preliminary design processes and in structural monitoring applications. However, the extent to which this technique can yield effective results, particularly in sandwich structural systems with material heterogeneity and complex cross-sectional geometries, remains a subject of research.

Sandwich panels and plates are important structural elements in many practical applications such as aircraft, pressure vessels, storage tanks, silos, and others. Typical examples of the thin-walled structures are plates and sandwich panels which commonly experience buckling failures as a result of compressive loadings [1]. Accurate predictions of buckling loads of such structures are always an essential factor for researchers [2, 3]. In this content, several theories were initially introduced by Euler [4], Bernoulli [5] and Timoshenko [6]. However, these theories, mostly based on standard geometries, materials and boundary conditions, are not accurately able to predict buckling loads of sandwich panels.

The vibration correlation technique (VCT) is a non-destructive in-situ method to assess the in-situ boundary conditions and to predict the buckling loads of plates and panels [7]. This method was introduced by Singer [8] and is based on the principle of recording changes in the natural frequencies of tested specimens against the applied compressive load. There are crucial factors affecting the accurate prediction of the buckling and vibration analysis of simple and stiffened plates. For example, Lee et al. [9] reported that the boundary conditions play an important role on the natural frequency measurements. It was demonstrated that the VCT is quite efficient, particularly for plates with elastic or imperfect boundary conditions in case analytical solutions are not applicable. The buckling load of curved plate structures was evaluated through the VCT by Abramovich et al. [10]. It was showed that if the applied load exceeds at about 50% of the nominal critical load, the predictions can give feasible limit load values.

The vibration correlation technique is a powerful method to monitor instability of the thin-walled structures, and its capability has been demonstrated on simple flat plates to stiffened curved shells. On the other hand, Kopeć and Kowalewski [11], and Yılmaz [12] concluded that controlling the buckling test setup, material architecture, or predictive techniques like VCT are crucial across scales and applications. Similarly, Massonnet [13] noted that even a small imperfection can complicate a straightforward extrapolation with linear fits.

This study addresses the capability of the VCT to predict buckling load of sandwich panels through a comprehensive investigation employing experimental tests. A realistic comparison of experimental buckling loads with the VCT is achieved for sandwich panels through the experimental tests. This combined approach is expected to give an idea about the influence of sandwich panel structures, as a reference of simple flat plates, on the performance of the VCT to predict the load-carrying capacity. In addition, this study aims to reveal how effective the vibration correlation technique, commonly used in flat plates, is under these special conditions by systematically examining the effects of eccentricity and epoxy adhesive usage on the vibration modes and load carrying capacity of the plates.

RESULTS AND DISCUSSION

A two-stage test plan was arranged for this study. The first stage aims to estimate buckling loads using the Vibration Correlation Technique (VCT). In this stage, loads ranging from 50% to 70% of the estimated load capacity of the structure will be applied to the sandwich panel specimens progressively. For each stage, the natural frequencies of the specimens at a specific load level are measured, and the buckling loads are calculated using these frequencies. In the second stage, conventional compression tests are applied to the sandwich panels. In this stage, critical load values are obtained by destructive testing, and the findings from the VCT tests are compared. Ck75 steel, carbon fiber reinforced polymer (CFRP), and Al-1010 series aluminium alloy are used as face sheets in the study.

Table 1: Mechanical properties of the materials

Material	Yield Strength	Modulus of Elasticity
Al-1010	30-35 MPa	69 GPa
Ck75	595 MPa	195 GPa
Carbon Fiber	500-1500 MPa (fiber orientation)	70-150 GPa (fiber orientation)

PVC foam with a density of 80 kg/m³ was chosen as the core material. The core thickness was set at 10 mm. Araldite 2015, a two-component epoxy-based adhesive with high adhesion strength and toughness, was used as the binder between the face sheets and the core material. The geometric parameters of the sandwich panels used in the study were defined as panel length (h), panel width (b), and panel thickness (t). During the tests, the sandwich panels are positioned so that they are supported by fixed supports at their top and bottom ends. The applied boundary conditions are shown in Figure 1.

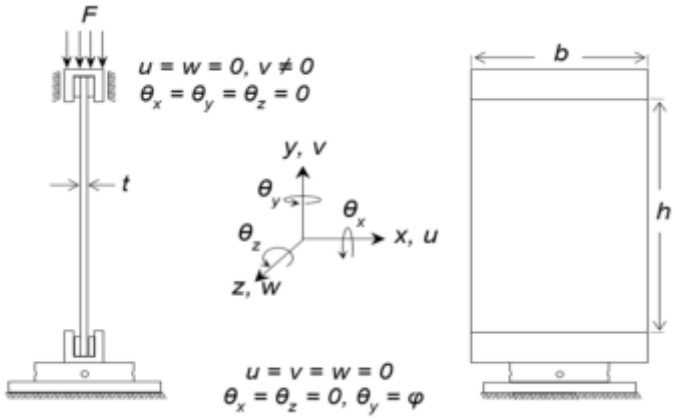


Figure 4: Geometry of Sandwich Panel and Boundary Conditions

The geometric parameters are the total face sheet length 500 mm, free length (h) 460 mm, sheet width (b) 150 mm, and sheet thickness (t) 0.8 mm for steel, 0.9 mm for aluminum, and 1 mm for carbon fiber. During the sample preparation process, the surface sheets and PVC foam core material were cut to appropriate sizes, their surfaces were sanded, and after cleaning, they were joined (see Figures 2, 3, and 4).

After mixing and applying the epoxy adhesive according to the manufacturer's instructions, the samples were allowed to cure under pressure at room temperature for a minimum of 24 hours. Once the full cure period was complete, the panels were ready for testing.

Figure 5: Preparation of Face Sheets

Figure 6: Sample Preparation

At least three samples were prepared for each panel type to ensure repeatability and statistical reliability. Samples were checked with digital callipers and a precision ruler for measurement verification before the experiment.

Figure 7: Aluminium, Carbon Fiber and Steel Face Sheets from Left to Right, respectively

The experimental setup is shown in Figure 5. In this setup, force measurements are performed with a 50 kN capacity load cell. A Linear Variable Differential Transformer (LVDT) device with a 50 mm measuring stroke was used to measure the axial displacement of the crosshead at each applied load increment.

Figure 8: Experimental Test Setup

An accelerometer sensor is placed at the center of the plate to measure the dynamic response. This sensor is fixed to the plate surface using a specially designed magnetic holder, as shown in Figure 6a. The accelerometer collects the plate's vibration data at each loading step applied during the experiment and transmits this data to the vibration meter, as shown in Figure 6b, which performs the fast Fourier transform (FFT) process. This vibration meter, using dedicated software and FFT algorithms, calculates the plate's natural frequencies.

a b

Figure 6: a. Accelerometer, Magnetic Holder b. Vibration meter

The fundamental principle of the Vibration Correlation Technique is based on determining the natural frequencies of the structure before any load is applied to the sample. The first natural frequency, f0, measured at this stage is recorded as the reference frequency. In the following step, an axial load was applied to the sample, and this loading was gradually increased at regular intervals, between 50% and 70% of the estimated load-bearing capacity of the structure. At each loading step, the current natural frequency, f1, is measured and recorded.

Vibration data, including time-dependent displacement, velocity, and acceleration values, are obtained using accelerometer transducers magnetically attached to the sample. These data are transmitted to the vibration measurement device and recorded digitally. To obtain accurate natural frequency measurements, free vibration must be generated within the system. For this purpose, sudden, controlled impulses are applied to the sample through an impact hammer (see Figure 7).

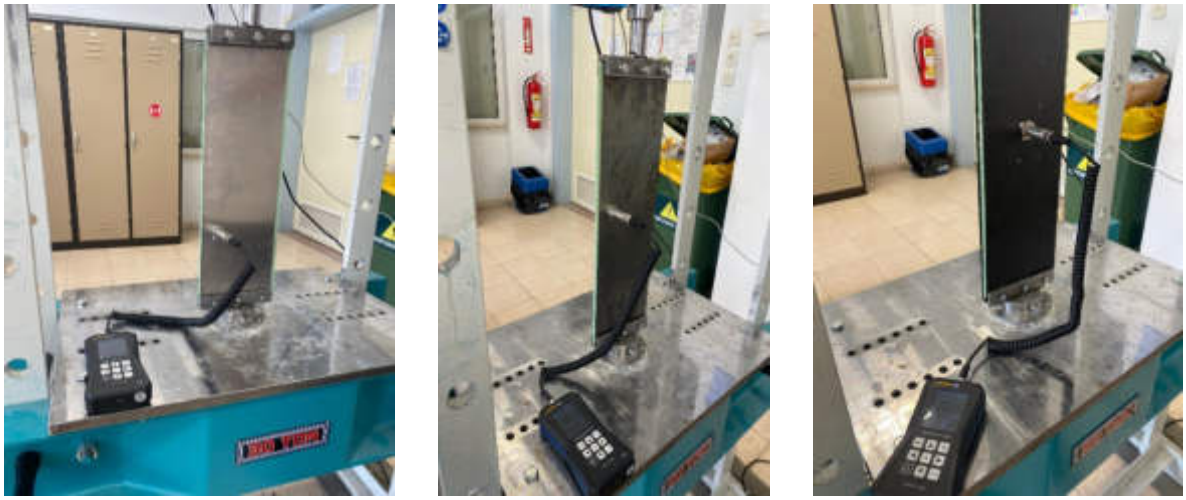


Figure 7: Vibration Measurement Setup

The load values applied during the experiment and the values read from the vibration meter device are given in Tables 2, 3 and 4. If we set the y value equal to zero in the function of the curve indicated on the VCT graph, we determine the point where the graph intersects with the x-axis. This represents the limit buckling load value obtained with the VCT method. The ω2 vs. F graphs for samples with different panels are shown in Figure 8. Accordingly, the limit load for Al is calculated as 121.8 kN, for St as 169 kN, and for Cf as 113.6 kN.

Table 2: Load and Frequency Data for Al panel

Load (kN)	Frequency (Hz)	ω^2 [Hz^2]
5	152,1	23134,41
10	148,5	22052,25
15	144	20736
20	141,9	20135,61
25	139,5	19460,25
30	134,3	18036,49
35	133,5	17822,25
40	130,1	16926,01
45	121,8	14835,24
50	116,8	13642,24

Table 3: Load and Frequency Data for St panel

Load (kN)	Frequency (Hz)	ω^2 [Hz^2]
5	135,4	18333,16
10	132,4	17529,76
15	129,9	16874,01
20	124,5	15500,25
25	123	15129
30	122,1	14908,41
35	121,6	14786,56
40	120,6	14544,36
45	116,2	13502,44
50	114,2	13041,64

Table 4: Load and Frequency Data for Cf panel

Load (kN)	Frequency (Hz)	ω^2 [Hz^2]
0	165,8	27489,64
5	162,1	26276,41
10	154,6	23901,16
15	153,5	23562,25
20	153,1	23439,61
25	144,9	20996,01
30	141,3	19965,69

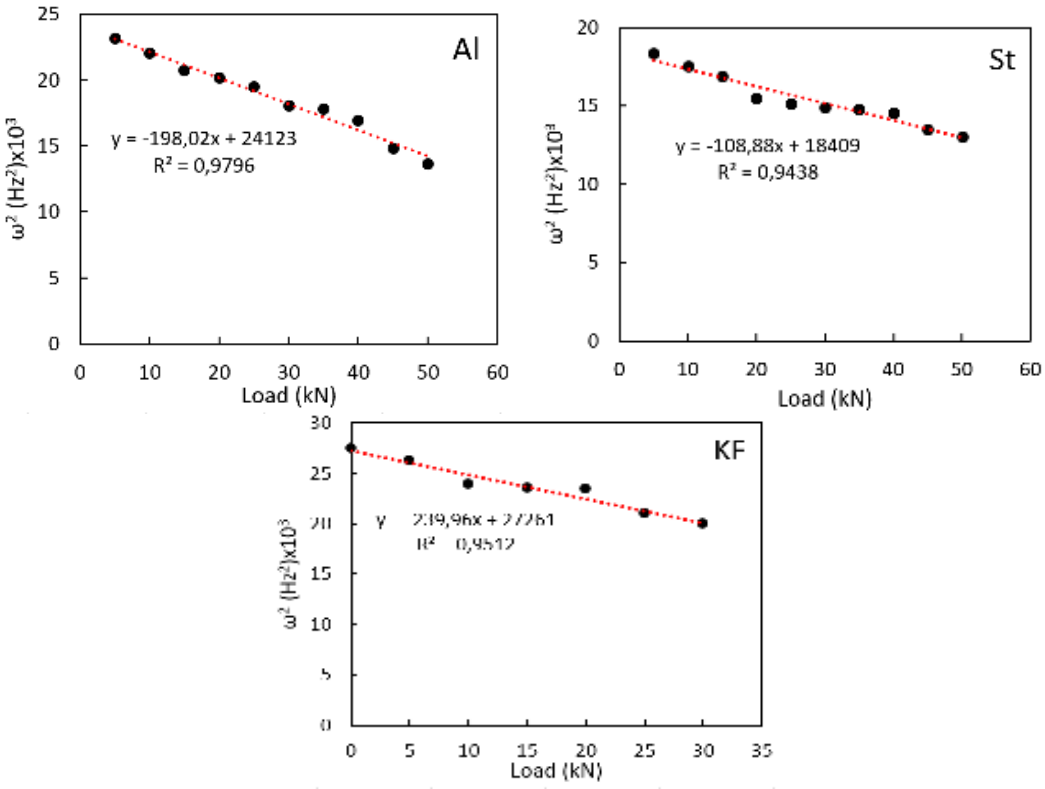


Figure 8: Experimental ω^2 vs. F Plots

This section of the study discusses destructive compression tests to estimate buckling loads of sandwich panel specimens under axial compression. The hydraulic press piston speed was set at 5 mm/min to ensure static loading conditions. Deformation patterns and load-displacement graphs for the specimens are presented in Figures 9, 10, and 11. The resulting limit load values are also presented in Table 5.

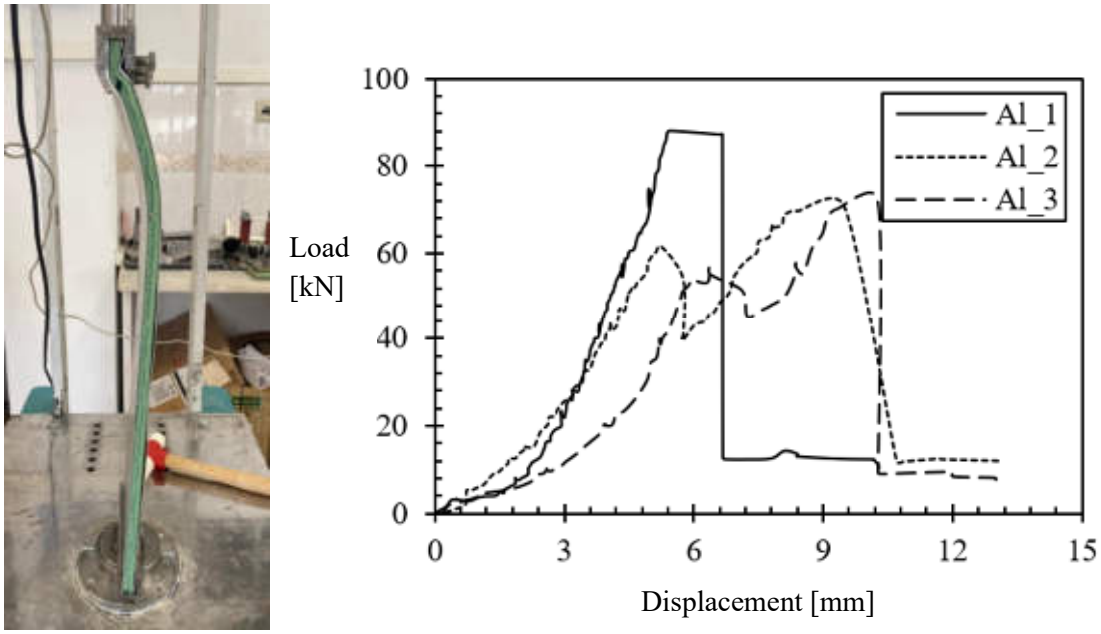


Figure 9: Compression Test Results for Al Panel

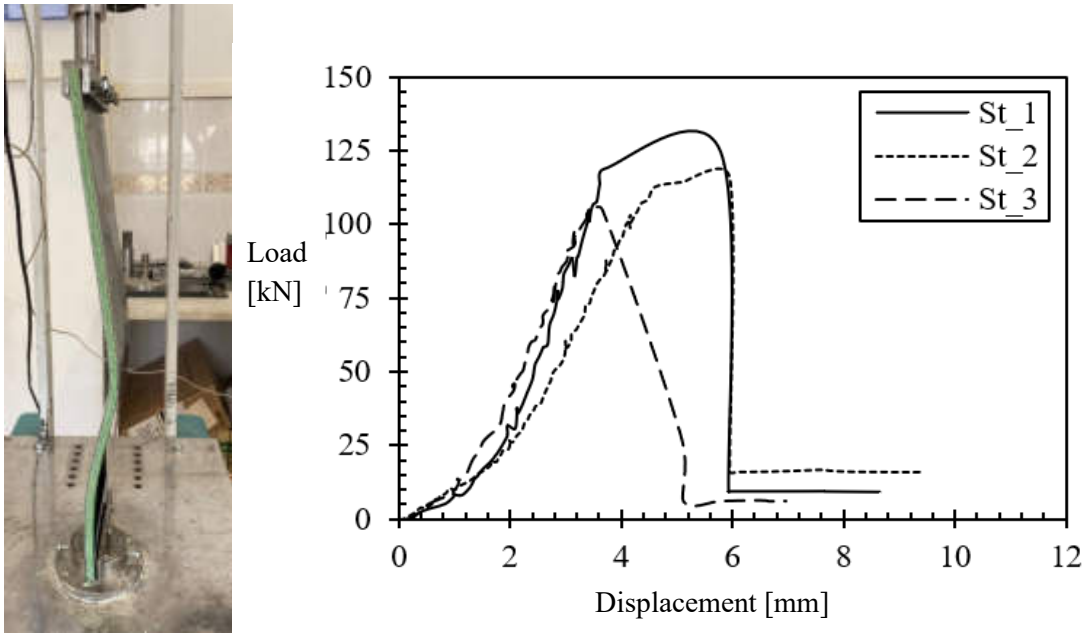


Figure 10: Compression Test Results for St Panel

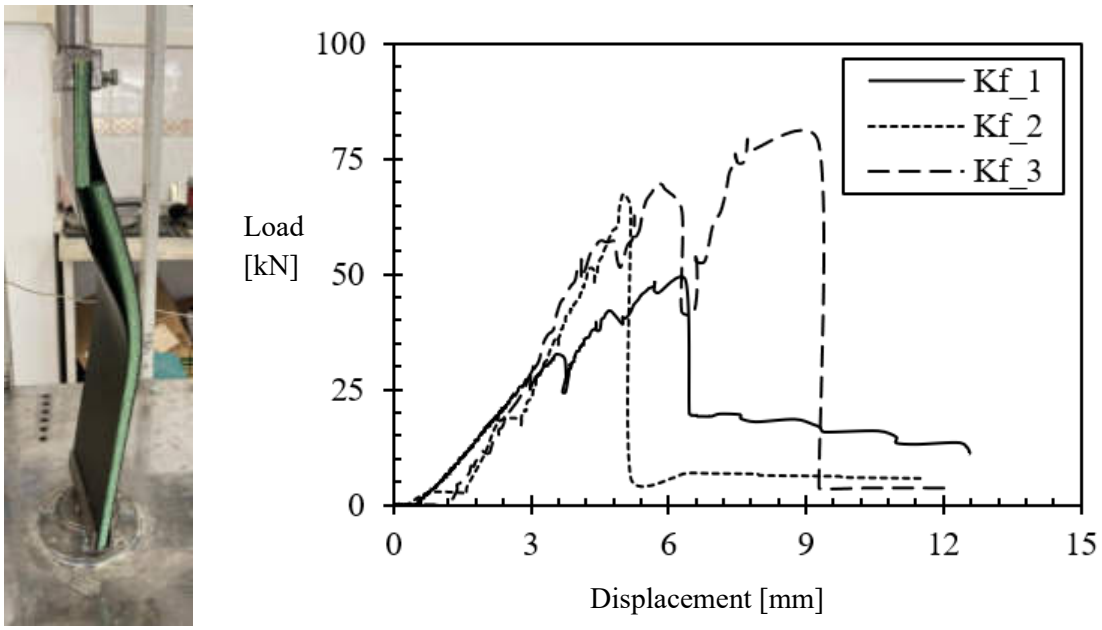


Figure 11: Compression Test Results for Cf Panel

The limit load values obtained from the tests performed with 3 repetitions are given in Table 5. The average load carrying capacity of the sandwich panels with aluminum surface sheet was calculated as 77 kN, for the composition with steel surface sheet, 115.1 kN, and for the composition with carbon fiber surface, 65.1 kN.

Table 5. Buckling Loads

Sample	Limit Load [kN]	Sample	Limit Load [kN]	Sample	Limit Load [kN]
Al_1	88.232	St_1	124.537	Cf_1	48.607
Al_2	70.725	St_2	115.641	Cf_2	67.469
Al_3	72.258	St_3	105.126	Cf_3	79.355

Since the load-bearing capacity and buckling behavior of sandwich panels with different surface sheets are out the scope of this study, no details are provided. The VCT approach, on the other hand, showed deviations of 58% for Al panels, 47% for St panels, and 74% for the Cf panels from the actual buckling load values.

CONCLUSION

As a result of the study, the load-carrying capabilities of sandwich panels composed of three different face sheet materials are evaluated. Based on these results, the success of the VCT approach in sandwich panel applications is discussed. The results are summarized below.

- The VCT approach overestimates the limit load values obtained from the compression test by 58%, 47%, and 74% for Al, St, and Cf panels, respectively
- Geometric and material imperfections can be addressed as the primary causes of these errors. However, the presence of epoxy adhesive and foam core material is believed to negatively impact vibration measurements.
- Not be able to use a magnetic holder on the surface of Cf panels is particularly considered to increase the error margins in vibration measurements.
- The study concluded that the linear approach introduces significant errors, and it is suggested that a more effective measurement method and/or a different approach would be beneficial for sandwich panels.

REFERENCES

1. M. R. Bambach and K. J. R. Rasmussen, ‘Technical Note: Experimental Techniques for Testing Unstiffened Plates in Compression and Bending’, exp mech, vol. 44, no. 1, pp. 91–96, Feb. 2004, doi: 10.1177/0014485104039625.

2. H. Yang, E. Daneshkhah, R. Augello, X. Xu, and E. Carrera, ‘Numerical vibration correlation technique for thin-walled composite beams under compression based on accurate refined finite element’, Composite Structures, vol. 280, p. 114861, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.compstruct.2021.114861.

3. D. Shahgholian-Ghahfarokhi and G. Rahimi, ‘Buckling load prediction of grid-stiffened composite cylindrical shells using the vibration correlation technique’, Composites Science and Technology, vol. 167, pp. 470–481, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.compscitech.2018.08.046.

4. Euler L. Additamentum I: De curvas elasticis. Leonhardi Euleri Opera Omnia 1911;1(24):231–97.

5. Bernoulli D. De vibrationibus et sono laminarum elasticarum. Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae 1751;13(1741–3):105–20.

6. Timoshenko S. LXVI. On the correction for shear of the differential equation for transverse vibrations of prismatic bars. Lond Edinb Dublin Philos Mag J Sci 1921;41(245):744–6.

7. H. Abramovich, 'The Vibration Correlation Technique – A reliable nondestructive method to predict buckling loads of thin walled structures', Thin-Walled Structures, vol. 159, p. 107308, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.tws.2020.107308.

8. J. Singer, J. Arbocz, T. Weller, 1109pp., Buckling Experiments: Experimental Methods in Buckling of Thin-Walled Structures. Shells Built-Up Structures, Composites and Additional Topics, vol. 2, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002 (Chapter 15)

9. Y.-S. Lee, Y.-W. Kim, Effect of boundary conditions on natural frequencies for rotating composite cylindrical shells with orthogonal stiffeners, Adv. Eng. Software 30 (1999) 649–655.

10. H. Abramovich, D. Govich, A. Grunwald, Buckling prediction of panels using the vibration correlation technique, Prog. Aero. Sci. 78 (2015) 62–73.

11. M. Kopec, Z.L. Kowalewski, 'Deformation of Thin Metal and Composite Sheets by using Anti-Buckling Fixture for Large Deformation under Tension–Compression Cyclic Loading', Thin-Walled Structures, vol. 180, pp.109886, 2022, doi: 10.1016/j.tws.2022.109886.

12. H. Yılmaz, 'Buckling of Steel Plates Under Rotational Restraints: An Integration of Experimental Testing and the Vibration Correlation Technique', Exp Mech, vol. 65, pp. 869–884, 2025, doi: 10.1007/s11340-025-01175-0.

13. A. Carpinteri, M. Paggi, A theoretical approach to the interaction between buckling and resonance instabilities, J. Eng. Math. 78 (2013) 19–35, https://doi.org/ 10.1007/s10665-011-9478-0.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

UNDERWATER CYBER EPIDEMICS IN AUV SWARMS USING A FRACTIONAL SIRS FRAMEWORK WITH AI/ML AND BLOCKCHAIN-DRIVEN DEFENSE MECHANISMS

Bimal Kumar Mishra
Adarsh College

Prafful Mishra
Systems Engineer, TCS

Abstract
In recent years, swarms of Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) have become indispensable for oceanographic research, offshore exploration, and naval surveillance. However, the increasing interconnectivity and reliance on acoustic peer-to-peer communication expose these systems to cyberattacks that exhibit epidemic-like behavior. This paper proposes a fractional-order SIRS epidemic model to study the transmission dynamics of malware within AUV swarms, capturing the inherent memory effects and nonlocal interactions of underwater cyber propagation. The model incorporates AI/ML-based anomaly detection for early malware identification and integrates a blockchain-assisted decentralized defense mechanism to ensure data integrity and minimize reinfection risks. We derive the basic reproduction number using the next-generation matrix approach and establish conditions for local and global asymptotic stability of both disease-free and endemic equilibria using the generalized LaSalle's invariance principle for fractional-order systems. Numerical simulations based on real-world AUV swarm parameters demonstrate that, without robust defenses, malware spreads rapidly within the swarm. However, integrating AI/ML and blockchain substantially reduces below unity, thereby containing the attack. The proposed framework provides a mathematical foundation for designing secure, resilient, and AI-driven cyber-defense strategies for underwater autonomous systems.

Keywords: Fractional SIRS model; Cyber-epidemic modeling; Autonomous Underwater Vehicles (AUVs); Underwater cyber attacks; Malware transmission dynamics; AI/ML-based anomaly detection; Blockchain-assisted cyber defense; Stability analysis; Acoustic communication vulnerabilities

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

A STUDY OF ELABORATION AND CHARACTERIZATION OF ZNS THIN FILMS BY SILAR TECHNIQUE FOR SOLAR CELLS

Haytham ELFARRI
Laboratory of Physics of materials and subatomics, Department of physics, University Ibn Tofail

Latifa ZNAIDI
Laboratory of Physics of materials and subatomics, Department of physics, University Ibn Tofail

Hasnae SAADI
Department of Physics, University Chouaib DOUKKALI

Abstract
In this work, we will study an experimental report about elaboration and characterization of ZnS thin Films, using SILAR Technique for photovoltaic application. We use in our case: X Rayons diffraction patterns for structural characterization, UV-Vis spectrum for Optical properties, Scanning Electron Microscopy (SEM). We used also electrical characterization to define the conductivity' nature of ZnS thin films and the values of resistivity and conductivity respectively, and finally FTIR Spectra's analyses for the vibration frequency of ZnS molecules. The study shows that our material has Blend structure with preferential orientation in the plane (111). the gap energy of our material is 3.22 eV, which is in agreement of the literature of ZnS nanoparticles.
Keywords: ZnS, XRD, Thin films, SILAR, solar cells, gap energy.

STUDY & ANALYSIS OF COMPOST FOR CAPACITIVE AND NON-CAPACITIVE APPLICATIONS

Poonam
Department of Physics, Indira Gandhi University-Meerpur-

Sunil Kumar
Department of Physics, Indira Gandhi University-Meerpur-

Abstract
With the global demand for sustainable bio-materials for renewable energy storage and the easy availability of compost through a bio-circular economy, this work focuses on exploring capacitive and non-capacitive charge storage in a symmetric device setup. Capacitive charge storage, commonly linked with dielectric or electrolytic capacitance, is non-faradaic in nature, whereas batteries rely on faradaic processes for non-capacitive charge storage. Therefore, it is essential to evaluate materials in terms of both faradaic and non-faradaic mechanisms.Although compost is inherently complex, this study makes an effort to investigate its role in charge storage by employing a symmetric two-electrode configuration to distinguish between capacitor- and battery-like behaviors. Different types of compost and electrode materials were tested in aqueous media (water). Techniques such as cyclic voltammetry, galvanostatic charge-discharge, and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) were used to assess charge storage capacity, charging/discharging characteristics, specific capacitance, and specific capacity. Furthermore, chronoamperometry was applied to examine device stability, while corrosion studies evaluated electrode sustainability.The findings reveal that compost exhibits multifunctional charge storage behaviour, highlighting its potential as an eco-friendly bio-material for energy storage. This work sets the groundwork for developing green, compost-based charge storage media.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MECHANICAL STRENGTHENING IN AU THIN FILMS: A MOLECULAR DYNAMICS ANALYSIS OF NANOINDENTATION EFFECTS

Hassane MES-ADI
Laboratoire d'ingénierie des Procédés, Informatique et Mathématiques, Ecole Nationale des Sciences Appliquées Khouribga, Université Sultan Moulay Slimane
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II- Casablanca
Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences Appliquées, Ecole Nationale des Sciences Appliquées Berrechid, Université Hassan I

Mohamed AIT ICHOU
Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences Appliquées, Ecole Nationale des Sciences Appliquées Berrechid, Université Hassan I

Mohamed LABLALI
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II- Casablanca

Khalid SAADOUNI
Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences Appliquées, Ecole Nationale des Sciences Appliquées Berrechid, Université Hassan I

M'hammed MAZROUI
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II- Casablanca

Abstract
In recent years, there has been a growing interest in the application of nano-scale thin films in various fields such as high-density storage systems, magnetic media, and micro/nanoelectromechanical systems (MEMS/NEMS). This interest is driven by advancements in the processing of metal nanomaterials. However, in many cases, the overall performance of metal thin films is compromised by mechanical weaknesses that arise during practical use. Our research focuses on investigating the deformation mechanisms and mechanical properties of gold (Au) thin films using the nanoindentation technique and molecular dynamics simulation. Our study reveals that near the indented region, elastic behaviors are observed at lower indentation velocities. As the indentation velocity increases to 15 m/s, dislocation propagation and nucleation are initiated. Furthermore, we found that the hardness of Au is significantly dependent on the indentation velocity. The lowest hardness is observed at an indentation velocity of 5 m/s, while the highest value is attained at 15 m/s. DXA analysis demonstrates that a lower number of dislocations are generated at an indentation velocity of 5 m/s, whereas a higher quantity of dislocations is evident as the indentation velocity is increased to 15 m/s. These findings indicate that there is an increase in hardness in the Au specimen, particularly at higher indentation velocities.
Keywords: Au Thin film; Nanoindentation; Dislocation; Hardness; MD simulation.

SIMULATION OF THE IONIC IMPLANTATION OF PHOSPHORUS IN THE ZnO MATRIX

H. Aissania
Semiconductor Devices Physics Laboratory, University Tahri Mohammed Béchar

S. Noura
Semiconductor Devices Physics Laboratory, University Tahri Mohammed Béchar

R. Abdeldjebar
Exact Sciences. Higher Normal School of Béchar

A. Merabtia
Semiconductor Devices Physics Laboratory, University Tahri Mohammed Béchar

A.A. Djatout
Exact Sciences. Higher Normal School of Béchar

Abstract
The ZnO material shows in a quasi-natural way an n-type doping [1]. His p-type doping has been a major recurring problem for more than fifteen years.In this work we made a numerical simulation of the doping of ZnO in p type. For this, we used the code called TRIM (Transport and Range of Ions in Matter) and SRIM (Stopping and range of Ions in Matter) developed by Ziegler et al [2]. It is a simulation made to characterize the interaction ions with gas or solid sample targets. The numerical results aim to study the interaction of an ion beam with the semiconductor surface of ZnO.
In our study, the bombardment of phosphorus P ions falls on the ZnO target according to an incidence normal to the plane of the surface of the material with the possibility of forming vacancies on the irradiated area the compound of type II-VI ZnO.
Keywords: ZnO, Ion Implantation, TRIM, Stopping rang e, Phonon.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

CLIMATE CHANGE AND GLOBAL WARMING: A KEYNOTE FROM AMITAV GHOSH'S FICTION

Mosharaf Hossain
Department of English, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0002-4051-7496

Abstract
Climate change denotes enduring alterations in temperature and meteorological phenomena. Amitav Ghosh, while having extensively documented India, has recently concentrated on environmental themes and their impact on the lives of individuals affected by climate change. In this paper, I analyse the impacts of climate change through the lense of ecocriticism. Sea of Poppies, released in 2008, is a novel set in the Calcutta region that depicts Indian trade with China throughout the nineteenth century. Ghosh's substantial oeuvre on the environment offers a valuable resource for examining climate change and climate literature. At the same time, his writing techniques have evolved and adjusted in response to the prevailing conditions of the climate crisis. In 2004, he released The Hungry Tide, a novel set in the marshy woodlands of the Sundarbans in India. The Hungry Tide is a compelling narrative on climate change, depicting ecological disaster in a subdued yet impactful manner. The work evidently addresses climate change , however it does not overtly aim to focus on the subject. The Hungry Tide is, nonetheless, a captivating narrative, as every successful novel ought to be. It does not impose its climate change messages on the reader in an aggressive, overt, documentary-style approach. It functions as both a work of fiction and a compelling commentary on the issue. Here, I highlight the result of climate change that causes tremendous danger for animals and human beings.
Keywords: Ecocrticism, global warming, climate change, Amitav Ghosh

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BILINGUALISM AND COGNITIVE DEVELOPMENT: BENEFITS BEYOND LANGUAGE

Assoc. Prof. Anjeza Brahja
Polytechnic University of Tirana, Centre of Foreign Languages
ORCID: 0009-0007-6485-141X

Assoc. Prof. Edita Stojani
Polytechnic University of Tirana, Centre of Foreign Languages

Assoc. Prof. Isida Shehu
Polytechnic University of Tirana, Centre of Foreign Languages

Abstract
Learning multiple languages can significantly boost cognitive skills, enhance cultural awareness, and improve career opportunities internationally. The skill of communicating in various languages goes beyond simple word exchange; it allows for the exploration of different cultures, viewpoints, and histories. Being bilingual fosters creativity and adaptability. Children who are proficient in two languages often demonstrate increased mental flexibility, allowing them to tackle challenges from various angles. This cognitive adaptability leads to superior problem-solving skills and innovative thought processes. Bilingual individuals exhibit enhanced inhibitory control, which is the brain's ability to manage distractions, as well as a heightened ability to identify patterns. These cognitive advantages enable bilinguals to excel in complex problem-solving situations.
Individuals who are bilingual and biliterate can engage with the global community in diverse ways, access information from a wider range of sources, and gain insights into different cultures. Currently, a larger portion of the global population is bilingual or multilingual compared to those who speak only one language. This shift not only enhances cross-cultural communication but also has beneficial effects on cognitive functions. Studies indicate that bilingual individuals may exhibit superior attention and task-switching skills compared to their monolingual counterparts, attributed to their enhanced capacity to suppress one language while utilizing another.
To sustain a balanced interaction between two languages, the bilingual brain utilizes executive functions, which serve as a regulatory framework of cognitive skills encompassing attention and inhibition. Since both language systems in a bilingual individual are perpetually active and in competition, these control mechanisms are engaged whenever the individual speaks or listens. This ongoing engagement enhances these control mechanisms and alters the related brain areas. Furthermore, multilingualism promotes enhanced cognitive flexibility, enabling individuals to transition between various language systems and grammatical forms, which can result in improved adaptability to new circumstances and the ability to devise innovative solutions.
Keywords: bilingualism, cognitive, flexibility, mechanism, skills

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE ROLE OF BILINGUALISM IN MASTERING SOFT AND TASK-SWITCHING SKILLS

Assoc. Prof. Anjeza Brahja
Polytechnic University of Tirana, Centre of Foreign Languages
ORCID: 0009-0007-6485-141X

Assoc. Prof. Edita Stojani
Polytechnic University of Tirana, Centre of Foreign Languages

Assoc. Prof. Isida Shehu
Polytechnic University of Tirana, Centre of Foreign Languages

Abstract
Learning multiple languages can significantly boost cognitive skills, enhance cultural awareness, and improve career opportunities internationally. The skill of communicating in various languages goes beyond simple word exchange; it allows for the exploration of different cultures, viewpoints, and histories. Being bilingual fosters creativity and adaptability. Children who are proficient in two languages often demonstrate increased mental flexibility, allowing them to tackle challenges from various angles. This cognitive adaptability leads to superior problem-solving skills and innovative thought processes. Bilingual individuals exhibit enhanced inhibitory control, which is the brain's ability to manage distractions, as well as a heightened ability to identify patterns. These cognitive advantages enable bilinguals to excel in complex problem-solving situations.
Individuals who are bilingual and biliterate can engage with the global community in diverse ways, access information from a wider range of sources, and gain insights into different cultures. Currently, a larger portion of the global population is bilingual or multilingual compared to those who speak only one language. This shift not only enhances cross-cultural communication but also has beneficial effects on cognitive functions. Studies indicate that bilingual individuals may exhibit superior attention and task-switching skills compared to their monolingual counterparts, attributed to their enhanced capacity to suppress one language while utilizing another.
To sustain a balanced interaction between two languages, the bilingual brain utilizes executive functions, which serve as a regulatory framework of cognitive skills encompassing attention and inhibition. Since both language systems in a bilingual individual are perpetually active and in competition, these control mechanisms are engaged whenever the individual speaks or listens. This ongoing engagement enhances these control mechanisms and alters the related brain areas. Furthermore, multilingualism promotes enhanced cognitive flexibility, enabling individuals to transition between various language systems and grammatical forms, which can result in improved adaptability to new circumstances and the ability to devise innovative solutions.
Keywords: bilingualism, soft skills, task-switching skills, process, mechanism

1. Introduction
Establishing a precise definition of bilingualism proves challenging, as various authors offer differing interpretations. For instance, Bloomfield (1933) posits that a bilingual individual possesses complete fluency in two languages, whereas Grosjean (1989) presents a more pragmatic view, defining a bilingual as someone who operates in each language based on

specific needs. Subsequently, it was recognized that bilingualism exists on a continuum, ranging from passive comprehension of a second language to full active engagement in speaking, reading, and writing (Bialystok, 2001).

Bilingualism has consistently garnered the interest of linguists, psychologists, and educators because of its implications for cognitive, social, and cultural values. In addition to its significant role in communication, bilingualism has been associated with various processes that influence individuals' perception, work, and interactions within their environment. In recent decades, the study of bilingualism has increasingly concentrated on its impact on enhancing executive functions, especially in domains such as attentional control, working memory, cognitive flexibility, and attention (Bialystok, 2009; Antoniou, 2019).

The bilinguals appear to have a more diversified set of mental abilities than the monolinguals. (Peal, E., & Lambert, W. E. 1962).

The literature suggests that bilingual and multilingual individuals possess several distinct advantages compared to their monolingual counterparts (Adesope et al., 2010; Bialystok, 2017; Bialystok & Martin, 2004; Costa et al., 2008). These advantages encompass a range of enhancements in executive functioning and executive control tasks, which have been observed in children (Barac, Bialystok, Castro, & Sanchez, 2014; Bialystok, 2015; Bialystok & Martin, 2004) as well as adults (Adesope et al., 2010; Costa et al., 2008). These findings are interpreted through the lens of the distinct demands of control and language switching required to be a competent bilingual speaker. Consequently, it is suggested that this inhibition, monitoring (updating), and frequent switching may extend to a general advantage in non-linguistic executive functioning and executive control.

Task-switching is a significant aspect of executive control and a fundamental skill in complex and modern environments, where individuals must rapidly adapt to various contexts. It has been observed that bilingual individuals may develop superior task-switching abilities compared to monolinguals, primarily due to their continuous practice in managing two competing language systems (Prior & MacWhinney, 2010). In this manner, whenever a bilingual speaker selects a language for communication, they must adjust to the interference from the non-target language and navigate between the linguistic codes required by the context. Thus, this repeated form of monitoring, inhibition, and shifting is thought to enhance the cognitive control mechanisms of the general domain that are also engaged in non-linguistic task switching (Ward and Awani 2024).

Bilingualism is associated with the development of soft skills, which encompass cognitive, emotional, and interpersonal abilities that facilitate communication and problem-solving. These skills are especially valued in educational contexts and professional settings, where cultural sensitivity, flexibility, and the ability to operate in diverse environments are critical (Marian & Hayakawa, 2021). Bilingual individuals, due to their engagement in various linguistic and cultural contexts, may demonstrate stronger abilities in predicting and adapting to different situations and in conflict resolution. These skills, although easier to define than executive choices, are nonetheless of great importance for achieving success in a dynamic social and professional environment (Serik et al., 2024).

2. Role of Bilingualism in Mastering Soft Skills

Bilingualism can play a significant role in enhancing soft skills, which are essential personal and interpersonal abilities that affect how individuals interact, communicate, and work with others.

Soft skills play a significant role in language learning overall, as they greatly influence a student's ability to communicate, collaborate, interact, and adapt in a multicultural and multilingual environment (Serik et al., 2024). Soft skills themselves are crucial in the learning and development of languages, particularly as they hold considerable importance for the employment of graduates (Crossman & Clarke, 2010). The development of soft skills at the university level is essential in implementing best practices and methodologies for teaching (Cinque, 2016).

Here's how bilingualism supports the development of key soft skills:

- *Communication*

- Enhances verbal and non-verbal communication skills
- Increases clarity and adaptability in messaging across cultures

- *Active Listening*

- Requires careful attention to language nuances
- Encourages patience and better interpretation of meaning

- *Emotional Intelligence (EQ)*

- Greater sensitivity to different cultural expressions of emotion
- Improved empathy and perspective-taking

- *Adaptability*

- Builds mental flexibility through switching languages
- Easier adjustment to new environments and people

- *Teamwork & Collaboration*

- Helps bridge language gaps in diverse teams
- Encourages inclusive interaction and mutual respect

- *Public Speaking*

- Boosts confidence in diverse settings
- Trains speakers to adjust tone, register, and vocabulary for different audiencës

- *Problem-Solving*

- Trains the brain to evaluate multiple perspectives
- Encourages creative solutions by thinking in more than one language

- *Cultural Sensitivity*

- Bilinguals often have deeper cultural awareness
- Promotes respectful interaction in multicultural settings

3. Role of Bilingualism in Mastering Task-Switching Skills

Bilingualism has been associated with enhanced cognitive flexibility, particularly in tasks that require switching between different mental sets, known as task switching. Research indicates that bilingual individuals often exhibit advantages in executive functions such as inhibitory control and cognitive flexibility.

A crucial element within this context is the connection between bilingual experience and task-switching abilities, which denote the capacity to adaptively transition between mental sets, rules, or tasks in response to evolving demands (Prior & MacWhinney, 2010).

The relationship between bilingualism and cognitive advantages, such as task-switching, remains a topic of debate among various scholars. The literature reveals numerous studies indicating a benefit for bilingual individuals (Prior & Gollan, 2011; Barac & Bialystok, 2012), while others have observed little to no evidence of clear and consistent differences between bilinguals and monolinguals (Paap & Greenberg, 2013).

These findings suggest that factors such as the age of language acquisition, linguistic proficiency, the manner of language use, and the sociolinguistic environment in which they are employed may be associated with the extent to which bilingualism influences cognitive and soft skills (Barac & Bialystok, 2012). Therefore, the interconnection and examination of the role of bilingualism in task-switching and related soft skills should be conducted with care, taking into account individual variability and the selection of the most effective methodologies.

- *Cognitive Benefits of Bilingualism in Task Switching*

Studies have demonstrated that bilinguals incur reduced switching costs in task-switching paradigms compared to monolinguals. This suggests that lifelong experience in switching between languages may contribute to increased efficiency in shifting between mental sets. Additionally, bilinguals have shown better ability to reconfigure stimulus-response associations, indicating improved flexibility in task switching.

Furthermore, bilingualism appears to enhance general cognitive processes, resulting in benefits for tasks involving cognitive control, particularly those demanding handling conflicting information, such as task switching.

- *Mechanisms Underlying the Advantage*

The enhanced cognitive flexibility observed in bilinguals is likely due to the ability to alternate between tasks more efficiently and to monitor the environment more effectively. Managing two languages requires constant switching and inhibition of competing information, which may strengthen the brain's executive control functions.

- *Considerations and Variability*

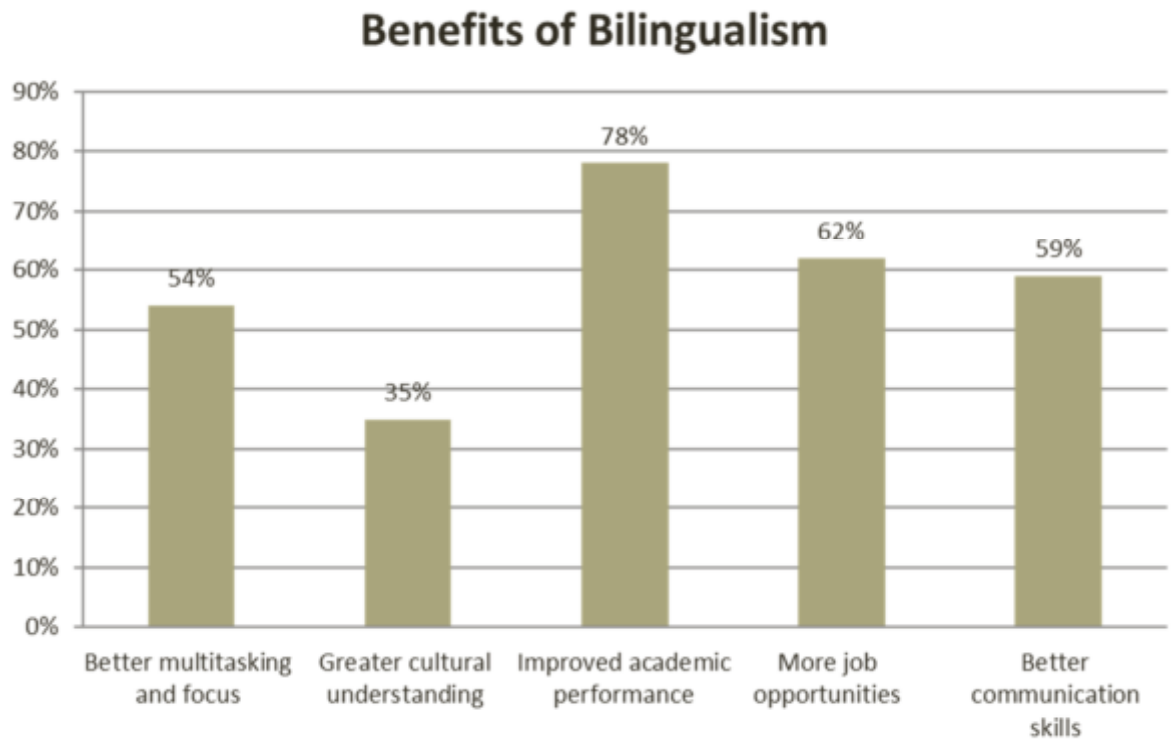
While many studies support the notion of bilingual advantages in task switching, it's important to note that some research has found no significant differences between bilinguals and monolinguals in executive function tasks. For instance, a large-scale study involving 9- to 10-year-olds found little evidence for a bilingual advantage in inhibitory control, attention, or task switching. These discrepancies may be attributed to factors such as individual differences, study design, and the specific tasks used to measure executive functions.

4. Material and Method

Awareness of learning foreign languages is increasing day after day. Students feel the need to learn, use and practice languages not only for pleasure, but for other purposes as well.

A survey was conducted with 186 engineering students (Polytechnic University of Tirana, Albania), 2024-2025 academic year, to find out the most common reason that pushes them to learn languages. They were asked to put in order of importance the benefits of bilingualism based on their experience (number 5 the most important and number 1 the least important). The benefits given to them were chosen due to interviews conducted previously.

The selected students learn English and Italian language, first semester, first year of their bachelor studies.



5. Results and discussion

The graph shows that 78% of students consider as the most important benefit of bilingualism, the improved academic performance. This is due to the fact that students need to find, read and surf for supplementary materials online in every subject. Knowing foreign languages helps them find information more easily and facilitates the overall process of preparing and delivering presentations (as they have to prepare and present a coursework at the end of semester in every subject). A large number of students (62%) consider bilingualism as a cornerstone that gives more job opportunities, as a lot of students study and work at the same time, and in the future they will have more chances to get a job if they know more foreign languages. Being proficient in a foreign language, improves communication skills (59%), therefore boosts self-confidence, self-esteem, and reduces public speaking anxiety, making it possible for students to be better at multitasking and focus (54%), so they become not only good speakers, but active listeners too.

Bilingualism helps in greater cultural understanding (35%), so they do not only admire the beauty, architecture, engineering part of a country, but at the same time they become knowledgeable about its traditions, culture and customs.

6. Conclusions

In summary, bilingualism may confer advantages in task switching due to enhanced cognitive flexibility and executive control. However, the extent of these benefits can vary, and further research is needed to fully understand the underlying mechanisms and to account for individual differences.

Research on bilingualism indicates that linguistic experience provides a framework for cognitive control while also fostering adaptability beyond personal communication levels. By examining its connection to task-switching abilities and within a broader context of soft skills development, both researchers and students can deepen and elucidate their understanding of the cognitive and social implications involved in managing multiple languages.

Advancing studies at this level will contribute to theoretical discussions regarding the advantages of bilingualism, particularly in the context of multicultural societies.
While many studies support these advantages, some research highlights variability and calls for more nuanced understanding.
Bilingualism is much more than simply knowing two languages—it enhances mental agility, enriches social and cultural experiences, and supports lifelong cognitive health.
As globalization continues to connect people across linguistic boundaries, fostering bilingualism offers profound personal, educational, and societal benefits.

7. References

Adesope, O., Lavin, T., Thompson, T., & Ungerleider, C. (2010). A systematic review and meta-analysis of the cognitive correlates of bilingualism. Review of Educational Research, 80, 207–245. https://doi. org/10.3102/0034654310368803

Antoniou, M. (2019). The advantages of bilingualism debate. Annual Review of Linguistics, 5, 395–415. https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-011718-011820

Barac, R., & Bialystok, E. (2012). Bilingual effects on cognitive and linguistic development: Role of language, cultural background, and education. Child Development, 83(2), 413–422. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01707.x

Bialystok, E. & Martin, M. (2004). Attention and inhibition in bilingual children: Evidence from the dimensional change card sort task. Developmental Science, 7(3), 325–339. https://doi.org/10.1111/ j.1467-7687.2004.00351.x

Bialystok, E. (2009). Bilingualism: The good, the bad, and the indifferent. Bilingualism: Language and Cognition, 12(1), 3–11.https://doi.org/10.1017/S1366728908003477

Bialystok, E. (2015). Bilingualism and the development of executive function: the role of attention. Child Development Perspectives, 9(2), 117–121. https://doi.org/10.1111/cdep.12116

Bialystok, E., 2001. Bilingualism in development: Language, literacy, and cognition. Cambridge University Press.

Bloomfield, L. (1933). Language. New York: Holt

Cinque, M. (2016). “Lost in translation”. Soft skills development in European countries”. Tuning Journal for Higher Education3(2), 389-427. http://doi.org/10.18543/TJHE-3(2)-2016PP389-427

Costa, A., Hernández, M., & Sebastián-Gallés, N. (2008). Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANT task. Cognition, 106(1), 59–86. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.12.013

Crossman, J., & Clarke, M. (2010). International experience and graduate employability: stakeholder perceptions on the connection.Higher Education, 59, 599-613. http://doi.org/10.1007/S10734-009-9268-Z.

Grosjean, F. (1998). Studying bilinguals: Methodological and conceptual issues. Mental control of the bilingual lexico-semantic system. Bilingualism: Language and Cognition, 1, 131–149.

Marian, V., & Hayakawa, S. (2021). The bilingual advantage: Lessons from cognitive science. Psychological Science in the Public Interest, 22(1), 1–46. https://doi.org/10.1177/15291006211026854

Paap, K. R., & Greenberg, Z. I. (2013). There is no coherent evidence for a bilingual advantage in executive processing. Cognitive Psychology, 66(2), 232–258. https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.12.002

Peal, E., & Lambert, W. E. (1962). The relation of bilingualism to intelligence. Psychological Monographs: general and applied, 76(27), 1.

Prior, A., & Gollan, T. H. (2011). Good language-switchers are good task-switchers: Evidence from Spanish–English and Mandarin–English bilinguals. Journal of the International Neuropsychological Society, 17(4), 682–691. https://doi.org/10.1017/S1355617711000580

Prior, A., & MacWhinney, B. (2010). A bilingual advantage in task switching. Bilingualism: Language and Cognition, 13(2), 253–262. https://doi.org/10.1017/S1366728909990526

Serik, A.B., Kassymova, G.K., Kosbay, S.D., Kalimoldaeva, A.K. and Dzhambulova, Z., 2024. Relationship between soft skills and language learning. Muallim Journal of Social Sciences and Humanities, 8, pp.39-50.

Ward, R. and Awani, J., 2024. Bilingualism and flexibility in task switching: A close replication study. Studies in Second Language Acquisition, 46(4), pp.996-1012.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BİNİCİLİK KÜLTÜRLERİNİN SÜS KODLARI: SEMBOL VE HAFIZANIN FELSEFİ YORUMU

Balnur Amantay Martbekkyzy
L.N. Gumilyov Eurasian National University
ORCID: 0000-0002-9721-7497

Associate Professor Sarkulova Manifa Stabolovna
Candidate Of Phylosophical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University
ORCID: 0000-0002-5992-2814

Prof. Dr. Ali Rafet ÖZKAN
Ankara University
ORCID: 0000-0002-7710-5471

ÖZET
Bu çalışma, atlı kültürlerdeki süsleme sanatının felsefi yorumunu incelemekte ve özellikle Botay arkeolojik kültürüne ile Kazak geleneksel süsleme motifleri arasındaki sürekliliğe odaklanmaktadır. Temel sav, süslemenin yalnızca dekoratif bir unsur olmadığı; aksine göçebe toplumların dünya görüşünü biçimlendiren, kozmolojik fikirleri ifade eden ve kültürel hafızayı aktaran bilişsel ve sembolik bir sistem olduğudur. Araştırma, arkeolojik veriler, göstergebilimsel çözümleme ve felsefi hermenötik yöntemlerini birleştiren disiplinlerarası bir metodolojiye dayanmaktadır. Botay yerleşiminden elde edilen arkeolojik malzemeler, Kazak geleneksel süsleme motifleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve binyıllar boyunca yapısal ve anlamsal süreklilik ortaya konmuştur. Lotman ve Elmslev'den ilham alan göstergebilimsel yaklaşım, süslemeyi ikincil bir modelleme sistemi olarak ele almakta; onun gramerini, birleşim mantığını ve sembolik anlamlarını vurgulamaktadır. Assmann, Losev ve Kazhgaliuly gibi düşünürlerden yararlanan hermenötik yorum ise süslemeyi, hareket, zaman ve kutsal düzen kategorileriyle ilişkili mitopoetik düşüncenin görsel bir ifadesi olarak değerlendirmektedir. Bulgular, atlı süslemelerin göçebe kimliğinin temel unsurlarını - hareketlilik, döngüsel zaman anlayışı ve insan ile kozmik alan arasındaki uyum - kodladığını göstermektedir. Koşkar müyiz (koç boynuzu), dairesel ve rombik şekiller gibi motifler, süreklilik, istikrar ve yenilenmenin işaretleri olarak yorumlanmaktadır. Karşılaştırmalı analiz, Botay süsleme geleneğinin izole bir fenomen olmadığını, aksine daha geniş Avrasya sembolik sistemi içerisinde yer aldığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, süslemenin felsefi bir kod olarak incelenmesi, göçebe kültürlerin entelektüel mirasını anlamaya katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda süsleme, hem kültürel bir arşiv hem de düşüncenin yaşayan bir yapısı olarak işlev görmekte; eski atlı dünya görüşünü modern kimlik ve anlam arayışıyla birleştirmektedir.
Anahtar Kelimeler : Scientists , arkeolojik cool , fake kod , sembol , kozmoloji , kimlik .

ORNAMENTAL CODES OF EQUESTRIAN CULTURES: PHILOSOPHICAL INTERPRETATION OF SYMBOL, MEMORY

ABSTRACT
This paper examines the philosophical interpretation of ornament within equestrian cultures, with a particular focus on the Botai archaeological culture and its continuity in Kazakh ornamental traditions.

The central argument is that ornament should not be reduced to a decorative function; Rather, it represents a cognitive and symbolic system through which nomadic societies structured their worldview, expressed cosmological ideas, and transmitted cultural memory. The study employs an interdisciplinary methodology that combines archaeological evidence, semiotic analysis, and philosophical hermeneutics. Archaeological materials from the Botai settlement are examined in dialogue with Kazakh traditional ornaments, revealing structural and semantic continuities across millennia. Semiotic analysis, inspired by the works of Lotman and Elmslev, treats ornament as a secondary modeling system, emphasizing its grammar, combinatorial logic, and symbolic meanings. Hermeneutic interpretation, drawing on the insights of Assmann, Losev, and Kazhgaliuly, enables a deeper understanding of ornament as a visual expression of mythopoetic thinking, linked to categories of movement, time, and sacred order. The findings suggest that equestrian ornamentation encodes fundamental aspects of nomadic identity, such as mobility, cyclical temporality, and harmony between the human and cosmic spheres. Motifs such as the ram's horn (qoshqar muyiz), circular and rhombic forms, are interpreted as signs of continuity, stability, and renewal. Through comparative analysis, the Botai ornamental tradition emerges not as an isolated phenomenon but as part of a broader Eurasian symbolic system. The conclusion emphasizes that studying ornament as a philosophical code contributes to understanding the intellectual heritage of nomadic cultures. Ornament, in this sense, functions as both a cultural archive and a living structure of thought, connecting the ancient equestrian worldview with the modern search for identity and cultural meaning.
Keywords: Ornament, Archaeological Culture, Philosophical Code, Symbol, Cosmology, Identity.

INTRODUCTION

In the context of the digitalization of cultural heritage, there is a risk of reducing the deep meanings of the ornament of equestrian cultures to a superficial visual effect. The article aims to reveal the ornament as a philosophical structure of thinking in nomadic societies. An important aspect is the question: can digital reconstruction preserve the living philosophy of the ornamental code? Kazakh ornaments, like folk myths and legends, contain ancient meanings and symbols that have come from the depths of centuries. Some of them were lost over time, but many, passing from generation to generation through the hands of folk craftsmen and craftswomen, have reached our days in an almost unchanged form. Their function was far from being reduced to a simple "decoration" of clothing, utensils, or objects of applied art. In ancient times, when ancestors lived in harmony with nature and possessed sacred knowledge, ornaments served as amulets capable of attracting good luck and protecting their owner. Looking at the intricate patterns on tuskiiz, baskurs, carpets, in leather embossing, in wood carving or in engravings on religious buildings and monuments, we feel the power and living energy of the national spirit, the warmth of the hands of master zergers and embroiderers who created their own special world of signs and symbols (Nurieva, 2019). In traditional culture, even the most seemingly insignificant thing had a specific purpose and therefore had meaning. Any artifact created by human hands is justified by its function and purpose. However, if a word - as a form of expression - can be forgotten, and language can completely disappear from living practice, then material objects and signs are preserved for centuries and millennia, remaining carriers of memory in their original form. Even in cases where the verbal explanation of their meaning is lost, the thing or symbol itself continues to exist as a silent witness of a bygone era.

This is where the possibility of restoring lost meaning manifests itself: by turning to the very origins of human culture, we are able to “read” the meaning of a thing or a sign again, tracing the history of its perception. At the same time, the interpretation of objects turns out to be more accessible than the interpretation of symbols. Thus, if a researcher gets his hands on a plow, an axe, or a bowl, their functional purpose is relatively obvious: a vessel, for example, is always associated with the idea of a container, with holding liquid or grain. Its shape itself suggests its purpose, even without additional explanations. A completely different situation arises in cases where the found object cannot be clearly identified. Then it ends up in the space of a “museum pause” — in storage facilities, where the artifact awaits its researcher and interpreter. It is in this context that the question of ornamentation arises: it must be viewed not as a simple decoration, but as a special sign system that requires “reading” and returning to cultural consciousness (Kazhgalyuly, 2003).

METHODOLOGY

The research methodology is based on an interdisciplinary approach that combines philosophical analysis, archaeological material, semiotic interpretation, and the cultural comparative method. Firstly, the historical-comparative method was used, which made it possible to identify the continuity between the ornamental motifs of the Botai culture and Kazakh traditional ornamentation. Comparison of forms and symbols made it possible to trace the evolution of ideological codes over the course of millennia. Secondly, the semiotic approach (Yu. M. Lotman, L. Elmslev) was used, considering the ornament as a special language with grammar and structure. Analysis of minimal elements, their combinations, and symbolic meanings made it possible to interpret the ornament as a cognitive code of nomadic consciousness. Thirdly, the philosophical-hermeneutic method was used, within the framework of which the ornament was understood as a visual form of mythopoetic thinking (A. F. Losev, Ya. Assman, A. Kazhgaliuly). This approach allowed us to identify the deep connections of the ornament with the categories of time, space, and sacred order. Thus, the study combines archaeological analysis, semiotic theory, and philosophical hermeneutics, which makes possible a holistic understanding of the ornament of the equestrian culture as an ontological structure and a carrier of collective memory.

THEORETICAL FRAMEWORK

Researchers of the East, among the defining features of nomadic civilization, singled out statehood, monumental burial architecture, a specific type of settlement " cattle-breeding city ", writing and art, a developed system of trade relations, as well as the presence of a common ideology, cult, religion and epic heritage. In the works of L. N. Gumilev, the existence of an independent nomadic civilization of the peoples of Eurasia, which had gone through its own path of creative evolution over three millennia, is consistently substantiated. Of particular interest is the role of the Turkic peoples who found themselves in the center of Eurasia, at the intersection of the main cultural areas. It was here that they acted as intermediaries in contacts with Byzantium, Persia, India and China, combining elements of the East and West. At the same time, the Turks managed to preserve the unique way of life and the specificity of the nomadic way of life, which existed not as a peripheral, but as an equal and competing type of civilization along with European and Eastern models. Ornament in this context appears not simply as a decorative practice, but as a special sign system. In the spirit of Yu. M. Lotman's semiotics can be understood as a secondary modeling system, where the sign becomes a code for the cultural representation of the world.

J. Assman's concept of cultural memory allows us to consider ornament as a keeper and transmitter of collective meanings. In turn, A. Kazhgaliuly offers an original interpretation of "Oyu and Oy" (pattern and thought), emphasizing that ornament is a visual form of mental activity of nomadic consciousness. (Kozybaev, 2000)

Modern humanity has largely lost the ability to decipher the language of ornament, having lost touch with the mythological worldview that once linked it with Mother Nature. Having freed itself from this primary dependence, man has gained long-awaited autonomy. The achievements of civilization are truly impressive, but along with them, side effects have also appeared: egocentrism and the desire for self-affirmation sometimes lead to actions, the consequences of which become catastrophic, including in environmental terms. Thus, any progress is associated not only with acquisitions, but also with losses. It is not for nothing that they say that "a holy place is never empty": symbolic animals - a horse and a griffin - occupied a special sacred place in the worldview of the peoples of Central Asia and Southern Siberia. Ornament in this system was not just decoration, but a special language through which ancient man expressed his ideas about time and space, about life and death, about the cosmos and his own position in it. This language has an internal structure that includes content, syntax, grammar, semantics, and even the level of minimal elementary units — a kind of “phonetics.” As the Danish linguist Louis Hjelmslev noted, “language is a semiotics into which all other semiotics can be translated.” Consequently, the researcher’s task is to translate the mysterious speech of the ornament into the understandable language of visual interpretation (Kazhgalyuly, 2003). The sign can be considered a kind of compromise that reconciles man with his existential purpose. At the same time, the ingenuity that man displays in this incessant search for harmony is striking. When analyzing ornaments of the “ornek” type, it is advisable to rely on a three-part rhythmic period, since they are based on equivalent elements — triangles, squares, circles, that is, autonomous figures. These objects do not exist in isolation: their isolation becomes obvious only thanks to the background, which fixes their boundaries and sets the relationships of proximity. In the absence of a defined outline or limiting boundaries, relating an object to other forms is significantly more difficult. That is why the study replaced the curls with clearer geometric shapes - triangles, circles and squares (Kazhgalyuly, 2004). *The ornamental art of nomadic cultures is not just a decorative practice, but also an independent layer of artistic creativity, reflecting their worldview and system of ideas about the world order. Ornamental thinking is based on a special type of abstract consciousness, structured through key geometric elements: a circle, an S-shaped curl, a cross, a shogym, and a triangle. These forms act as unique universals: they symbolize both the four seasons and the four cardinal directions, giving rise to many variations and compositional solutions. As K.K. Murataev notes, “in the system of ornamental thinking, four structural elements have been identified… variations of which generate hundreds of ornamental forms”* (Nurieva, 2019).

ORNAMENT AS COGNITIVE CODE IN EQUESTRIAN CULTURES

Ornamental motifs (spirals, zoomorphic images, antler motifs) symbolize movement, transition, power and sacred connections between man and nature. Patterns perform the function of a spatial code that organizes the perception of the world. According to Kazhgaliuly, an ornament is not a reflection of an object, but a visualization of thought processes, where pictograms serve as the language of mythopoetic thinking.

A. F. Losev emphasized that for mythological consciousness, myth is not fiction, but “the highest in its concreteness, the most intense, the most intense reality… the most vivid and most genuine reality, an absolutely necessary category of thought and life” (Losev, 1991).

Consequently, the study of ornament is impossible without turning to myth in the fullness of its meanings.

Just as a rhombus and a square are distinguishable only through an imaginary horizon line, so an ornament reveals its essence only in conjunction with a mythological dimension. If a geometric form receives meaning through correlation with a conventional straight line, then an ornament becomes expressible only through the "magic crystal of the mythological" **(Figure 2)**. Thus, its interpretation must inevitably be carried out through the prism of mythology, which Losev wrote about (Kazhgalyuly, 2003) . It is mythology that is symbols. A point is the simplest and at the same time universal and ideal symbol. The first thing that comes to mind is that a point is the concept of a navel (center, focus). A navel is also a point, only this point is no longer represented as an independent point, since external forms are necessary (straight - ray , circle). A point (navel, center, axis, mother, womb) is the beginning, the starting point of all that exists, or the original cause. The navel has neither shape nor size; therefore, it is a possible image of this infinite light, the original absolute **(Figure 1)**. The light emanating from the navel fills a certain space and this space is called the "Universe" (Kondybai, 2018).

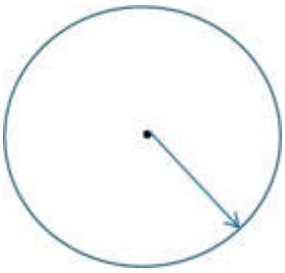


Figure 1. Circle-Universe Figure
Point - absolute.
Line of rays - rays of light

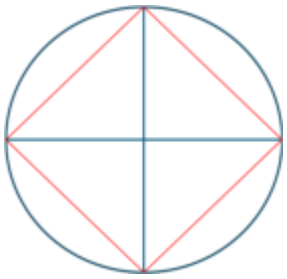


Figure 2. Rhombus square mountain
Lines (rays) - descendants

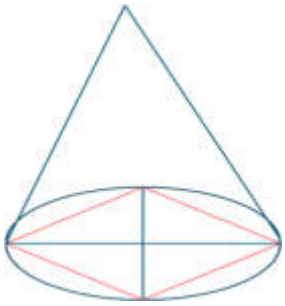


Figure 3. Cone - world

"One of the most ancient is the idea of the World Mountain, as well as the closely related myth of the structure of the world. The mountain, opposing the top to the rest of the mass, is a holistic model capable of not only displaying the unity and opposition of the singular and the plural, but also absorbing all possible meanings. In the mythology and ritual practice of the South Siberian Turks, the mountain was one of the most polysemantic objects. Among them, the motif of the birth of heroes inside the mountain stands out. Plots about heroic children hidden and raised in the mountains are inextricably linked with it. The mountain serves as a dwelling for epic characters and often their grave, and the souls of heroes also reside in it. Inside the mountain is the hero's horse, his clothes, treasures, where they hide stolen cattle etc. All the diversity of folklore motifs is based on the idea of the mountain as a kind of fruit-bearing center, with which the origin of the entire family and each of its members is associated. Moreover, in the Kazakh language the top of a mountain is called "may basy" (head of the mountain), the slopes of the mountain are called "may etegi" (hem of the mountain), they also say "may bauyrynda" (in the liver of the mountain), "may koynauynda" (in the bosom of the mountain), "may yygynda" (on the shoulders of the mountain), etc **(Figure 4)**. The comparison of a mountain to a human body can serve as a good illustration of the thesis we have expressed about the spiritualization of the environment around man." (Kazhgalyuly, 2003)

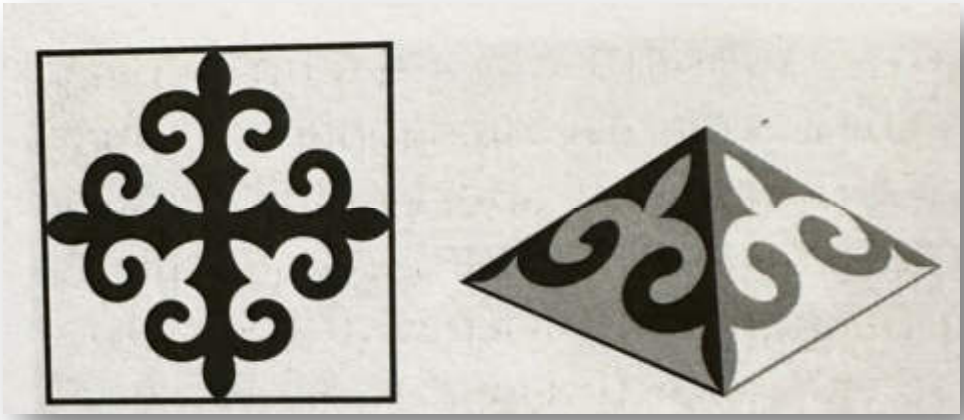
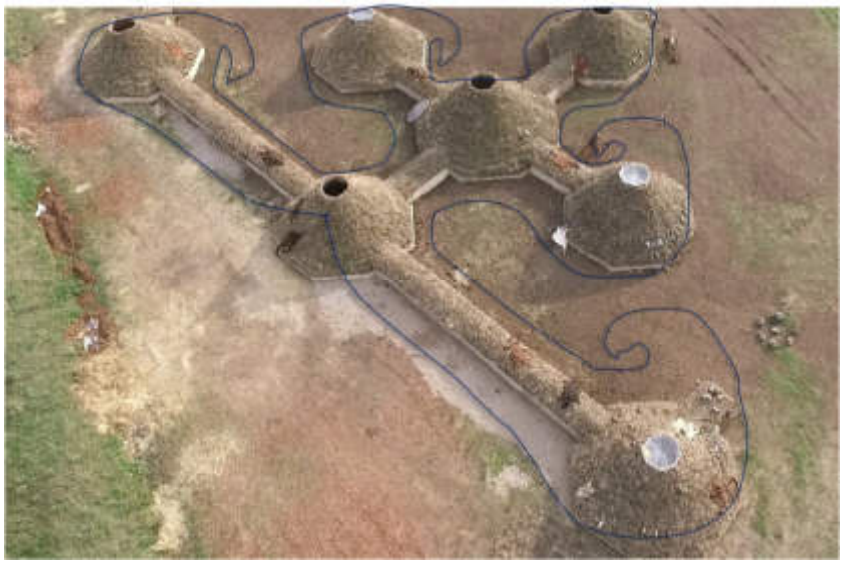


Figure 4. Transformation of the ornament in the rhombus square into the model of the World Mountain.

CASE STUDY: BOTAI AND TURIC ORNAMENT

The ornament of equestrian culture is a dynamic system of signs that embodies the philosophy of movement, adaptability and sacred connection with the world. In the era of digital humanities, it is important not only to visualize the ornament, but also to understand it as a living code of thinking. The movement from right to left, captured on the border with the image of foot and horse riders, can be interpreted in the context of a funeral rite. In the Turkic tradition, the image of a horse occupied a special place: it accompanied a person to another world, becoming a symbol of transition. Thus, up until the middle of the 19th century, archaic elements were preserved: after the death of the owner, his horse's mane and tail were cut off, released into the herd, where he remained until the annual commemoration, after which he was sacrificed.

Comparative analysis of ornamental motifs of the Botai culture (an archaeological culture of the Eneolithic that existed in 3700-3100 BC in the north of Kazakhstan) and Kazakh ornamentation demonstrates the continuity of the philosophical code, where the ornament acts as a cognitive tool for memory, movement, and identity (Zaibert et al., 2020). In Botai, it arose as a way of fixing space-time coordinates and reflecting the cosmological order through elementary geometric forms. Here, the ornament becomes a dynamic symbol of ritual power and mythological transformation, and zoomorphic compositions and vortex motifs visualize the energy flow of being.



Comparison of the Botai dwelling with the "Koshkar muyiz"(Ram's horns) ornament

Each connected house (the original source of the Kazakh yurt) has the shape of an octagonal rhombus **(Figure 5)**. The octagon occupies a special place in the cultural and philosophical tradition as a symbol of harmony between heaven and earth, the spiritual and the material. Its shape represents the transition from a circle, personifying eternity, infinity and space, to a square, embodying an ordered earthly world. Thus, the octagon becomes a "mediator" between two levels of existence, expressing the universal principle of harmony and integrity. In a cosmological perspective, the eight angles represent the four cardinal directions and four intermediate ones, which creates an image of a comprehensive horizon, a complete coverage of space. For a nomadic culture oriented towards the open steppe world, this was fundamentally important: the octagon recorded the idea of the integrity of movement and life in all directions. In the archaeological sources of Botai, the octagonal shape of dwellings has not only a utilitarian, but also a symbolic meaning. A house built in this shape appears as a model of the world: its center is a sacred axis, and its eight sides are the embodiment of the fullness of space. The interior space of the home became not just a place of habitation, but an ordered universe in miniature, where man was in harmony with nature and the cosmos. At the mythological level, the octagon is associated with the image of the World Mountain and its directions, with the paths of spiritual ascent and the coverage of all spheres of existence. In the later Islamic tradition, adopted by the Turks, the octagon received a new content: it became a symbol of the transition from the earthly to the heavenly, so mausoleums and religious buildings were often built in this shape. The philosophy of the number eight also points to the idea of balance and harmony. In different cultures, it denoted fullness and completeness: in the Chinese tradition, these are the eight trigrams that organize the cosmos; in the Indo-Iranian tradition, the eight guardians of the cardinal directions; among the Turkic peoples, it is a symbol of universal order and a closed cycle of movement. Thus, the octagon in the philosophical dimension appears as a symbol of universal integrity, as an expression of the unity of heaven and earth, space and man. In the Botai culture, octagonal dwellings are not just an architectural solution, but an ontological code that encodes the harmony of nomadic existence, connecting the world of nature, spirituality, and human existence. Ornament in this context is not just a decorative element, but an ontological structure in which the unity of man, space, and time is preserved.

In the abjad system, the phrase "qoshqar m ɣyiz" (مویز قوشقار) has a numerical value of 780. The number is made up of two parts: "qoshqar" (707) and " muyiz" (73). In literal expression, this corresponds to the combination of ذ (700) and ف (80). The symbolism of these letters indicates the deep meaning of the ornament: the letter ذ is associated with the concept of dhikr - memory, a reminder of the divine and ancestors, while the letter ف symbolizes the mouth, speech, the spoken word, that is, the process of transmitting knowledge itself. Thus, the numerical decoding of the qoshqar muiz ornament reveals its philosophical essence: it is not just a decorative element, but a "word-memory" fixed in geometric form. The ornament becomes a kind of language, where the memory of ancestors and the sacred experience of nomadic culture acquire a visible form, turning into a "dhikr of pattern" . This numerical symbolism is consonant with the universal codes of traditional culture. The number 7 in the Turkic and Islamic mythopoetic worldview is associated with the seven heavens, the seven layers of the earth and the sacred fullness of the universe. The number 8 refers to the octagon, symbolizing the transition between the earthly and heavenly levels of existence, as well as to the eight angels carrying the divine Throne. The combination of "707" and "73" in the word koshqar muyiz indicates the internal connection of the ornament with the symbolism of 70 (the veil of secrecy, the depth of memory) and 700 (strengthening the sacred meaning), as well as with 80 (oral tradition, language). As a result, the number 780 can be understood as a code that combines memory (dhikr), sacred completeness (septenary) and the power of oral transmission (speech, word). Thus, the ornament koshqar muyiz appears as a philosophical-numerical matrix, where the mythology of number and the image of memory are combined.

CONCLUSION

The ornamentation of the equestrian cultures of Eurasia appears as a philosophical system that combines cosmology, mythology and collective memory. The example of the Botai archaeological culture and Kazakh ornamentation shows the continuity of meanings expressed in universal forms - a circle, a rhombus, an octagon and the "koshqar muyiz" motif. These forms perform the function of a cognitive code that records spatio-temporal coordinates and the sacred order of being. Comparative analysis shows that ornamentation has never been just a decorative practice: it served as a way of organizing thinking and transmitting knowledge. It contains ideas about movement, harmony and identity that determined the worldview of nomadic societies. In the context of the digitalization of cultural heritage, the key task of science is not to limit itself to the visual reconstruction of ornaments, but to preserve their ontological and philosophical dimension. Only in this way can digital humanities transform archaic codes into a relevant language of cultural dialogue, preserving their vitality and universal meaning. Thus, the ornament of equestrian culture acts as a link between the past and the present, the local and the global, the traditional and the digital, continuing to shape cultural identity in the 21st century.

REFERENCES

1. Kazhgalyuly, A.(2003). Organon of ornament. *Almaty.*
2. Kazhgalyuly, A.(2004). Ornament and thought. *Almaty.*
3. Kondybai, S. (2018). Fundamentals of the indigenous Kazakh worldview. *Almaty: Kazakh language.*
4. Kozybaev, M.K. (2000). Kazakhstan at the turn of the century: reflections and searches. *Almaty: Science*.
5. Losev, A. F. (1991). Dialectics of Myth. *Moscow: Mysl.*

6. Nurieva, A. (2019). Signs and meanings of Kazakh ornaments. *Central Asian analytical network.* https://www.caa-network.org/archives/15372

7. Zaibert, V. F., Baigunakov, D. S., & Sabdenova, G. E. (2020). Historical and cultural significance of the Botai culture (on the 40th anniversary of the discovery). *Bulletin of Abai KazNPU. Series: Historical and socio-political sciences, 2(65).* https://bulletin-histsocpolit.kaznpu.kz/index.php/ped/article/view/54

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MULTILINGUAL AND EXPLAINABLE TRANSFORMER-BASED FRAMEWORK FOR POLITICAL BIAS DETECTION IN NEWS ARTICLES

Subarna Saha
CSE-AIML, Brainware University

Shahid Khan
CSE-AIML, Brainware University

Anirban Mukherjee
CSE-AIML, Brainware University

Sourav Biswas
CSE-AIML, Brainware University

Saikat Adhikary
CSE-AIML, Brainware University

Abstract

Political bias in news articles influences how people perceive current events and political issues. While recent research has used transformer-based models such as BERT and RoBERTa to detect bias, most existing work is limited to English and U.S.-centric datasets. These models also struggle with evolving political narratives and often provide explanations that are too technical for general readers. In our work, we propose a multilingual and explainable framework for political bias detection. Our approach fine-tunes multilingual transformer models (mBERT, XLM-RoBERTa) on a combination of existing datasets such as AllSides, MBFC, FactNews (Portuguese), and BiasLab, along with a newly curated Indian-language dataset. To handle dynamic political contexts, we evaluate robustness against adversarial rephrasing and subtle framing differences. To ensure transparency, we integrate explainable AI (XAI) methods such as SHAP, LIME, and Integrated Gradients. These techniques highlight specific words and phrases that contribute to bias, making model decisions interpretable. Finally, we design a reader-friendly visualization dashboard that presents bias scores alongside highlighted text, helping both researchers and everyday readers understand why an article is considered left-leaning, right-leaning, or neutral. The expected contributions include: (1) a multilingual dataset with Indian-language extensions for political bias detection, (2) a robust transformer-based model capable of handling cross-lingual and evolving bias signals, and (3) an explainable system that bridges the gap between machine predictions and human understanding.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PRIVACY, RISK, AND IDENTITY IN THE DIGITAL SPHERE: AN ASSESSMENT OF WHATSAPP STATUS UPDATES AMONG ADOLESCENT BOYS

Ajayi, Olayemi T.
Department of Mass Communication and Media Technology, Lead City University
ORCID: 0000-0002-0865-3490

Oshobughie, Adedoyin O.
Department of Mass Communication

Abstract
The rapid expansion of social media platforms has transformed how adolescents construct, negotiate, and express their identities. Among these platforms, WhatsApp has become a prominent space for digital interaction, with the status update feature offering insights into users' perceptions of privacy, risk-taking tendencies, and identity formation. Despite its wide use, little scholarly attention has been given to how adolescent boys employ WhatsApp statuses as markers of social positioning, emotional expression, and digital self-representation. This study therefore investigates the extent to which WhatsApp status updates reflect adolescent boys' engagement with privacy, exposure to risks, and identity negotiation in the digital sphere. The study is anchored on Erving Goffman's Dramaturgical Theory of Self-Presentation, which explains how individuals curate performances in social spaces to influence perception and manage impressions. This framework is well suited for analyzing digital narratives where adolescents act as both performers and audiences in online interactions. A qualitative content analysis was conducted on purposively sampled WhatsApp status updates collected from adolescent boys within selected schools and community groups. The analysis focused on recurring themes, symbols, and linguistic patterns that signaled identity formation, privacy awareness, and risky digital behavior. Findings reveal that while some adolescents use WhatsApp statuses for positive self-expression, motivation, and cultural identity affirmation, a significant proportion display risky tendencies, including exposure to explicit content, cyber-invites to unsafe practices, and oversharing of personal information. Furthermore, the results highlight the duality of digital identity: adolescents balance the desire for visibility with the need for privacy, often leading to contradictory self-presentations. The study concludes by recommending structured digital literacy programs, parental guidance, and school-based interventions to promote safer online practices and healthier identity development among adolescent boys.
Keywords: Adolescents, Digital identity, Privacy, Risk, WhatsApp

1. Introduction

Adolescence—typically defined as ages 10–19—is a developmental period marked by intensified identity exploration, heightened sensitivity to peer audiences, and evolving norms around privacy and risk (World Health Organization, n.d.; Pfeifer & Berkman, 2018). As social interaction increasingly migrates to mobile-first platforms, these dynamics are now negotiated in networked publics. In Nigeria, the scale and "always-on" nature of connectivity are salient: DataReportal estimates 36.75 million active social media user identities in January 2024, with mobile broadband constituting more than 90% of connections—conditions that make ephemeral, low-friction channels like WhatsApp central to youth communication and self-presentation (DataReportal, 2024; DataReportal, 2025).

WhatsApp status updates—short-lived, visual-text posts—offer a uniquely observable trace of how adolescent boys curate impressions ("front stage"), manage visibility, and test social boundaries under perceived ephemerality. International syntheses show social media can both scaffold identity work and introduce psychosocial risks, with effects contingent on use patterns, audience, and context (Avci & Akdeniz, 2024; Branje et al., 2021; Sala et al., 2024). Nigerian and broader Sub-Saharan evidence further indicates high youth engagement and emerging concerns around privacy decision-making and risk exposure, underscoring the need for locally grounded analyses rather than importing WEIRD-context assumptions (Mabaso et al., 2024; Yisa et al., 2023).

Statement of the Problem. Despite WhatsApp's ubiquity in Nigeria's youth media ecology—including education and civic life—there is limited empirical work that interrogates status updates specifically as artifacts of adolescent boys' privacy practices, risk signaling (e.g., oversharing, sexualized or violent content, "cyber-invites"), and identity construction in everyday contexts. Existing Nigerian studies spotlight elevated social media exposure among secondary-school youth and document privacy awareness gaps, but rarely analyze the micro-genres and impression-management strategies embedded in status posts. This gap impedes evidence-based digital literacy, school policies, and parental mediation tailored to boys' lived platforms and practices.

Objectives of the Study. Guided by identity-development and self-presentation scholarship, this study will:

i. Examine how adolescent boys' WhatsApp status updates encode identity work (e.g., belonging, masculinity, aspirations) and audience management;

ii. Assess indicators of privacy awareness and disclosure (e.g., metadata exposure, personal identifiers, cross-platform handles); and

iii. Identify the prevalence and forms of risk cues (e.g., harmful challenges, explicit content, doxxing-prone details) to inform context-appropriate interventions in schools and families.

These objectives respond to documented adolescent developmental needs and Nigeria's mobile-centric media environment, aiming to translate platform-specific insights into pragmatic safeguards and digital citizenship education.

2. Theoretical Framework

This study is anchored on Erving Goffman's Dramaturgical Theory of Self-Presentation (1959), which conceptualizes social interaction as a performance in which individuals manage impressions before an audience. Goffman distinguishes between "front stage," where behaviors are consciously performed for public view, and "back stage," where individuals prepare or conceal aspects of themselves. Applied to digital contexts, WhatsApp status updates become a "front stage" where adolescent boys actively curate identity, negotiate privacy, and signal belonging or distinctiveness. The ephemerality of statuses intensifies impression management, as adolescents balance visibility with the desire for discretion. Complementing this is boyhood identity theory in adolescent psychology, which emphasizes the role of peer validation, risk-taking, and masculinity performances during identity formation (Branje et al., 2021). Together, these frameworks provide a lens to decode how adolescent boys' WhatsApp status updates embody strategies of self-presentation while exposing them to risks that impact their psychosocial development.

3. Methodology

This study adopts a qualitative content analysis design, suitable for uncovering latent meanings, themes, and patterns embedded in adolescents' digital expressions. The population of interest comprised adolescent boys aged 10–19 years who are active WhatsApp users within selected schools and community clusters in Ogun State, Nigeria. A purposive sampling technique was employed to recruit participants who regularly use the WhatsApp status feature, ensuring data richness and relevance.

Data were gathered through systematic screenshots of WhatsApp status updates shared by consenting participants over a four-week period. Collected data included texts, images, emojis, and symbolic elements displayed in statuses. Ethical considerations such as anonymity, parental consent, and confidentiality were strictly observed, given the sensitivity of adolescent online behavior.

The analysis followed thematic content analysis, using open coding to classify indicators of privacy (e.g., personal information disclosure), risk (e.g., unsafe or explicit content), and identity (e.g., cultural expressions, peer validation cues). These categories were interpreted through Goffman's dramaturgical lens, highlighting how adolescent boys construct digital selves in a "front stage" environment.

4. Results and Findings

A total of 50 WhatsApp status updates were collected from 20 adolescent boys (ages 10–19 years). Analysis revealed three overarching themes: identity construction, privacy awareness, and risk engagement.

1. Identity Construction (22 statuses; 44%)

Nearly half of the updates focused on self-expression and peer belonging. Motivational quotes (9), football-related posts (6), religious affirmations (5), and trending memes (2) were used to project cultural identity, masculinity, and aspirations. This pattern aligns with research suggesting social media is a key stage for identity work (Avci & Akdeniz, 2024).

2. Privacy Awareness (12 statuses; 24%)

Twelve statuses revealed privacy-relevant issues. While some showed limited awareness (e.g., using privacy filters), many contained personal identifiers such as school names, phone numbers, or geotags. This indicates adolescents' inconsistent strategies for impression management, echoing findings that Nigerian youths face challenges in privacy decision-making (Yisa et al., 2023).

3. Risk Engagement (16 statuses; 32%)

Risk-related content was substantial, with sexually suggestive memes (7), violent imagery (5), and participation in unsafe online "challenges" (4). Oversharing of sensitive details heightened susceptibility to cyberbullying and grooming. These findings corroborate global studies linking adolescent social media use to heightened psychosocial risks (Sala et al., 2024).

Overall, the data suggest that WhatsApp statuses serve as a "front stage" (Goffman, 1959) for adolescents' identity performances, while simultaneously exposing them to risks due to inadequate digital literacy and underdeveloped privacy safeguards.

5. Discussion

The findings of this study reveal the duality of WhatsApp status updates as both empowering and potentially harmful spaces for adolescent boys. The predominance of identity-driven posts (44%) illustrates that digital platforms function as arenas where adolescents negotiate belonging, masculinity, and aspirations. This supports Branje et al. (2021), who emphasize that adolescence is a critical phase for identity exploration and peer validation. WhatsApp statuses, through their ephemerality, provide adolescents with a perceived "safe" stage for performing identities, yet these performances are heavily influenced by peer expectations and cultural trends.

The limited privacy awareness (24%) observed echoes Yisa et al. (2023), who argue that Nigerian youths often underestimate the risks of oversharing. Although some participants employed basic privacy controls, the presence of identifiable information indicates a gap in digital literacy. This highlights the contradiction between adolescents' desire for visibility and the need to protect personal boundaries.

The risk engagement (32%) is particularly concerning, as sexually suggestive content, violent memes, and unsafe challenges mirror global findings on adolescent online vulnerabilities (Sala et al., 2024). The willingness to engage in risky digital performances underscores both developmental tendencies toward sensation-seeking and a lack of structured guidance in safe online practices.

Theoretically, the findings reaffirm Goffman's dramaturgical perspective: WhatsApp statuses operate as the "front stage," where adolescents consciously perform identities for their peers, while "backstage" behaviors—such as self-doubt or unshared vulnerabilities—remain hidden. However, the performances captured in this study demonstrate the blurred boundaries between identity exploration and exposure to harm.

Overall, the discussion situates WhatsApp as more than a communication tool; it is a cultural space where adolescent boys simultaneously affirm their identities, test social boundaries, and expose themselves to risks. This dual function underscores the urgency of integrating digital literacy, parental mediation, and school-based interventions into adolescent development programs.

6. Conclusion

This study examined 50 WhatsApp status updates from 20 adolescent boys aged 10–19 years, focusing on indicators of privacy, risk, and identity. The findings revealed that identity construction was the most dominant theme, as adolescents used motivational quotes, football symbols, religious affirmations, and memes to express belonging and self-image. However, the results also exposed significant gaps in privacy awareness and concerning levels of risk engagement, including sexually suggestive content, violent imagery, and oversharing of sensitive information.

The study underscores the dual nature of WhatsApp status updates: while they serve as powerful tools for self-expression and social connection, they also expose adolescents to risks that may undermine their psychosocial development. Anchored in Goffman's dramaturgical framework, the results illustrate how digital "front stage" performances shape adolescent identity while revealing tensions between visibility and vulnerability.

7. Recommendations

Based on the findings, this study recommends the implementation of structured digital literacy programs in schools to help adolescents develop the skills needed to balance self-expression with privacy and safety in online spaces. Parents and guardians should also be actively involved in guiding their children's digital practices through open communication and supportive monitoring, rather than strict control, in order to build trust and encourage responsible use of social media. At the policy level, there is a need for stronger frameworks and awareness campaigns focused on online child protection, ensuring that adolescents are safeguarded against risks such as cyberbullying, grooming, and harmful digital trends. Peer influence being a major factor in adolescent behavior, peer-led initiatives can also be used to promote safe online practices, with adolescents themselves serving as role models for their peers. Finally, future research should adopt longitudinal and comparative approaches to better understand how adolescent online practices evolve over time, across genders, and within different socio-economic backgrounds.

References

Avci, H., & Akdeniz, H. (2024). A systematic review of social media use and adolescent identity development. Current Psychology. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s12144-024-06622-9

Branje, S., Laursen, B., & Collins, W. A. (2021). Dynamics of identity development in adolescence and emerging adulthood: A developmental systems perspective. Journal of Research on Adolescence, 31(3), 780–795. https://doi.org/10.1111/jora.12625

DataReportal. (2024). Digital 2024: Nigeria. DataReportal. https://datareportal.com/reports/digital-2024-nigeria

DataReportal. (2025). Digital 2025: Nigeria. DataReportal. https://datareportal.com/reports/digital-2025-nigeria

Goffman, E. (1959). The presentation of self in everyday life. Anchor Books.

Mabaso, W. S., Mabaso, M., & Ramukumba, T. S. (2024). Public social media accounts and adolescent mental health in South Africa: Evidence from a cross-sectional study. Journal of Medical Internet Research, 26, e57154. https://doi.org/10.2196/57154

Ngonso, B. F., Johnson, T. E., & Adebanjo, R. O. (2024). Impact of social media on Nigerian teenagers: A socio-cultural analysis. African Social Science and Humanities Journal, 5(2), 45–63.

Pfeifer, J. H., & Berkman, E. T. (2018). The development of self and identity in adolescence. In K. C. McLean & M. Syed (Eds.), The Routledge handbook of identity development (pp. 431–445). Routledge.

Sala, A., Spadaro, B., & Gámez-Guadix, M. (2024). Social media use and adolescents' mental health and well-being: An umbrella review. Journal of Affective Disorders Reports, 17, 100590. https://doi.org/10.1016/j.jadr.2024.100590

World Health Organization. (n.d.). Adolescent health. WHO. https://www.who.int/health-topics/adolescent-health

Yisa, V., Adesanya, I., & Pathak, A. (2023). Investigating privacy decision-making among Nigerians: Evidence from social media use. Proceedings on Privacy Enhancing Technologies, 2023(3), 30–53. https://doi.org/10.56553/popets-2023-0050

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SYNERGIZING DEEPTECH AND BLOCKCHAIN: UNLOCKING THE FUTURE OF DECENTRALIZED INNOVATION

Sujata Dhananjay Sathe
Savitribai Phule Pune University

Dr. Sahebrao N.Shinde
Savitribai Phule Pune University

Abstract
Blockchain technology and deeptech have evolved as an innovative revolutionary system for secure, decentralized transactions and which can answer intricate glitches to increase the profitability in various domains. However, as its application grows across various industries, ensuring the security of blockchain networks becomes increasingly critical. The security algorithms implemented in the networks of Blockchain perform a fundamental part in ensuring CIA (Confidentiality, Integrity and Availability) of data in decentralized systems. When applied to DeepTech, these security mechanisms have far-reaching implications across various trailblazing such as artificial intelligence (AI), biotechnology- genomics, quantum computing-cryptography, and more. This paper provides a wide-ranging literature review on the security apprehensions related with blockchain technology. It explores common attack vectors, examines existing security mechanisms, and highlights ongoing challenges in securing blockchain systems. Furthermore, this paper explores the applications of blockchain security algorithms in Deeptech across several domains.

COFFEE CONSUMPTION BEHAVIOR IN MALAYSIA: AN EXTENSION OF THE THEORY OF PLANNED BEHAVIOR

Rozalin Abdul Rahim
Department of Postgraduate and Professional Studies, Universiti Teknologi MARA (UiTM) Shah Alam

Norasekin Abd Rashid
Department of Technology and Supply Chain Management Studies, Universiti Teknologi MARA (UiTM) Selangor, Puncak Alam Campus

ABSTRACT
Coffee culture in Malaysia has expanded rapidly, particularly in urban areas such as the Klang Valley. This study examined coffee consumption behavior through the Theory of Planned Behavior (TPB), while also considering personal factors such as age, lifestyle, and economic status. A descriptive and correlational design was employed, with data collected using convenience sampling. An online survey distributed via WhatsApp and social media generated 221 valid responses, incorporating close-ended and Likert-scale items to measure demographics, purchase intentions, and consumption behavior. Findings indicated that all three TPB constructs: attitude, subjective norms, and perceived behavioral control were all significantly influenced purchase intention, with attitude identified as the strongest predictor. Personal factors also showed positive associations with purchase intention, particularly economic status, though not all were statistically significant. Furthermore, purchase intention significantly predicted actual consumption, reinforcing the TPB's core assumptions. The study contributes theoretically by extending the TPB model with demographic and lifestyle variables, enhancing its explanatory capacity. Practically, it offers insights for businesses to develop targeted marketing strategies for different consumer segments. Future research is recommended to incorporate additional psychological constructs and adopt longitudinal or regional comparative approaches to better capture consumer behavior across Malaysia's diverse population.
Keywords: Attitude, Subjective Norms, Perceived Behavioral Control, Intention, Actual Purchase Behavior.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

INFLUENCE OF MEDIA FILLING RATIO ON BIOFILM DEVELOPMENT AND PHENOLIC WASTEWATER TREATMENT IN MBBR

Zishan Aslam
Department of Civil Engineering, Baba Ghulam Shah Badshah University

Pervez Alam
Department of Civil Engineering, Baba Ghulam Shah Badshah University

Abstract
Phenolic compounds are highly hazardous and persistent pollutants found in industrial effluents, and their successful removal poses a significant problem for traditional biological treatment systems due to their inhibitory impact on microbial activity. This study utilised a laboratory-scale Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) with an 18 L working volume to examine the effect of medium loading ratio on biofilm formation and the treatment efficacy of synthetic phenolic wastewater. The reactor was operated using K1 carrier media at filling fractions of 20%, 35%, 40%, 55%, and 65%, with hydraulic retention times (HRTs) of 6, 12, 18, 24, and 30 hours, while maintaining a constant influent COD of 1000 mg/L. The reactor's performance was evaluated based on COD removal efficiency, mixed liquid suspended solids (MLSS), and attached biofilm biomass. The results indicated that the effectiveness of COD removal consistently improved with increased filling ratios and extended hydraulic retention times (HRTs), achieving optimal performance (97% COD removal) at a 55% medium fill and a 30-hour HRT. The biomass concentration (suspended + attached) increased with the filling ratio, ranging from approximately 4300 mg/L at 20% fill to approximately 5200 mg/L at 65% fill, thereby confirming enhanced microbial colonisation at elevated surface areas. Excessively high filling fractions (>65%) may lead to congestion, shear stress, and biofilm dissociation, potentially compromising long-term stability. The results indicate that an ideal filling ratio of 40–55%, along with extended hydraulic retention times, ensures effective and stable treatment of phenolic wastewater. This study emphasises the viability of MBBR as a dependable and scalable technique for the treatment of harmful industrial effluents containing phenol.
Keywords: MBBR, Phenol, COD, filling ratio OLR: Organic Loading Rate, Dissolved Oxygen

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DESTRUCTIVE EFFECTS OF CONSTRUCTION ON THE ENVIRONMENT

Dr. Mehdi Shalchi Tousi
Engineer, Department Of Engineering Faculty Of Ahle Beyte Internatinal University
ORCID: 0000-0003-4601-1082

Abstract
Construction is a cornerstone of economic development and urban transformation, yet it imposes substantial and multifaceted environmental burdens. The lifecycle of construction—from material extraction, manufacturing, and transportation to on-site execution and end-of-life disposal—generates a spectrum of ecological stresses that affect air, water, soil, ecosystems, and human health. Intensive resource use, high energy demand, and the generation of waste are intrinsic to modern building and infrastructure projects, and their cumulative effects contribute to climate change, biodiversity loss, and degraded environmental quality.

Rationale and significance

- **Environmental relevance**: The construction sector is a major driver of resource depletion, greenhouse gas (GHG) emissions, and habitat alteration. A rigorous assessment of its environmental footprint is essential for meeting national and international sustainability commitments.
- **Knowledge gaps**: While numerous studies quantify emissions and waste, integrated approaches that link material choices, on-site practices, and downstream environmental effects across the project lifecycle remain underdeveloped, particularly in varying regional contexts.
- **Policy and practice implications**: Insights into drivers of environmental harm can inform design guidelines, procurement policies, and regulatory frameworks aimed at reducing embodied energy, enhancing circularity, and protecting ecosystem services.

Scope of environmental harm in construction

- **Resource depletion and material footprint**: High consumption of virgin materials (e.g., cement, aggregates, metals) and energy use create enduring pressures on natural capital and contribute to embodied energy and emissions.
- **Greenhouse gas emissions and climate implications**: Emissions span material production, machinery operation, logistics, and construction activities, influencing climate trajectories at local to global scales.
- **Air quality and health impacts**: Dust, volatile organic compounds, and combustion byproducts degrade air quality, impacting workers and nearby populations through respiratory and cardiovascular risks.
- **Water resources and contamination**: Site runoff, sedimentation, and contaminant leaching affect surface and groundwater, aquatic ecosystems, and treatment costs for communities.
- **Soil degradation and land use change**: Excavation, compaction, and loss of topsoil reduce soil fertility and alter hydrological regimes, with consequences for ecosystem services.
- **Biodiversity and ecological disruption**: Habitat fragmentation, noise, and light pollution disrupt species interactions and may cause local declines if unmitigated.
- **Waste generation and circular economy considerations**: Construction and demolition generate substantial waste streams; inadequate management undermines resource efficiency and creates long-term legacies.

- **Socio-environmental displacement and equity**: Environmental burdens intersect with public health, occupational safety, and access to green space, raising questions of environmental justice.

Conceptual framework and determinants

- **Material choices and design decisions**: Materials with high embodied energy or low recyclability amplify harms, while optimization, reuse, and design-for-deconstruction mitigate impacts.
- **Construction practices and site management**: Erosion control, dust suppression, water management, and equipment efficiency directly affect on-site performance.
- **Supply chain dynamics**: Global sourcing and transportation extend environmental footprints beyond the immediate project site.
- **Policy, regulation, and economics**: Standards, incentives, and governance influence adoption of sustainable technologies and practices; implementation gaps remain.

Toward sustainable practice: methodological orientation

To quantify and mitigate environmental harms, the following components are integral:

- **Life Cycle Assessment (LCA)**: cradle-to-grave evaluation of materials and processes to capture comprehensive environmental impacts.
- **Water–Energy–Material nexus analysis**: integrated, site-specific analyses to inform planning and resource management.
- **Air and noise monitoring**: standardized protocols to protect health and comfort of workers and communities.
- **Circular economy strategies**: material reuse, durability-focused design, deconstruction, and on-site recycling.
- **Nature-based solutions and biodiversity integration**: site planning that supports ecosystem services.
- **Environmental risk governance**: transparent reporting, stakeholder engagement, and alignment with sustainability targets.

Paper structure (typical ISI article outline)

1. Introduction (this section): context, rationale, and research questions.
2. Literature review: synthesis of relevant frameworks (LCA, nexus analyses, circular economy).
3. Methods: data sources, lifecycle boundaries, models, and metrics.
4. Case studies / empirical analysis: application to selected project types and regional contexts.
5. Results: quantified environmental impacts, drivers, and uncertainty analysis.
6. Discussion: interpretation, policy implications, and comparison with existing benchmarks.
7. Conclusions and recommendations: summarize findings and propose actionable strategies.
8. Limitations and future work.
9. References.

Possible enhancements (tailored to your focus)

- If you target a regional setting (e.g., Middle East, Europe, or East Asia), incorporate regional material production profiles and regulatory landscapes.

- For a specific project type (e.g., high-rise buildings, highways, or dams), emphasize the dominant impact pathways (e.g., cement-intensive construction for high-rises, earthworks for dams).
- Include a dedicated subsection on health and occupational safety to align with ISI expectations of multidisciplinary relevance.

Keyword :Qur'an, Civil Engineering.

CORROSION OF PURIFIED WATER STORAGE TANKS.

BOUCHEHIT Hamza
Laboratory of Research in Applied Hydraulics (LRHYA), Department of Civil Engineering, Batna2 Universit

BENFRID ABDELMOUTALIB
Doctor in Public Works, graduated from Djillali Liabès University in Sidi Bel Abbès

ABSTRACT
Wastewater treatment is vital for the health of our planet's ecosystems and the preservation of the water cycle. Engineers design these treatment plants to serve communities, using materials like ductile steel for the construction of large tanks. While ductile steel offers excellent mechanical resistance, it's susceptible to a significant threat: corrosion from the external environment. This phenomenon poses a major challenge to the long-term integrity and efficiency of wastewater treatment infrastructure.
Corrosion in these structures is primarily driven by exposure to a harsh mix of chemical and biological agents. The soil surrounding buried tanks, for instance, contains salts, acids, and varying levels of moisture that can react with the steel. Additionally, anaerobic bacteria in the soil can accelerate the corrosive process. Within the tanks themselves, the wastewater contains a cocktail of corrosive substances, including sulfides and chlorides, and the presence of microorganisms can lead to microbiologically influenced corrosion (MIC). This is a particularly aggressive form of corrosion where microbes create an environment that promotes rust formation.
The effects of this corrosion are severe and multifaceted. For starters, it leads to a reduction in the structural integrity of the tanks. Over time, the steel walls thin, creating weak spots that can lead to leaks or even catastrophic failure. Leaks can contaminate the surrounding soil and groundwater, posing a risk to public health and the local ecosystem. The financial implications are also substantial. Constant monitoring, repair, and eventual replacement of corroded tanks result in significant maintenance costs for municipalities. Ultimately, understanding and mitigating this corrosion is critical for ensuring the longevity and effectiveness of our wastewater treatment systems, which are essential for environmental protection and public safety.
Keywords: 1. Water treatment, 2. Environmental sustainability, 3. Corrosion, 4. Ductile steel, 5. Wastewater engineering.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PT PIM NPK FACTORY OPERATIONS RETURN TO NORMAL AFTER FIRE

Indah KHOIRUNISA
UIN K.H. Abdurrahman wahid Pekalongan
ORCID: 0009-0008-4432-1857

Abstract
PT Pupuk Iskandar Muda (PIM) confirmed that operations at the NPK Plant had returned to normal on Saturday, August 30, 2025, following a fire incident on the outer wall of the storage warehouse and transfer tower on Friday afternoon, August 29, 2025. The fire, detected at 3:05 PM local time, was successfully extinguished thanks to the swift response of the Pupuk Iskandar Muda firefighting team and the Lhokseumawe Municipal Government. There were no casualties or disruptions to fertilizer distribution. In this research, the research approach used is a qualitative method. Data sources were obtained using secondary data sources. The collection method in this study uses data collection techniques with documents. The data analysis technique in qualitative research is inductive. It can be concluded that On August 29, 2025, a fire broke out in the NPK warehouse of PT Pupuk Iskandar Muda (PIM) but was quickly extinguished without significant losses. Previously, on February 24, 2025, PIM received a Gold PROPER award from the Ministry of Environment and Forestry thanks to its Total Recycle System innovation, which reduces emissions and utilizes waste. PIM also runs sustainable social programs such as Paya Nie Lestari, Damai, and Berdaya to preserve the environment while improving the welfare of the community.
Keyword: Fire, Operations, and Sustainable

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

RESTORING MEMORY, REVIVING SPACE: ADAPTIVE REUSE OF BRADLAUGH HALL

Ayat Ehsan
Lahore College for Women University, Faculty of Arts and Social Sciences, Interior Design Department

Assistant Professor Farhana Naz
Lahore College for Women University, Faculty of Arts and Social Sciences, Interior Design Department

Abstract
Bradlaugh Hall, a landmark of Lahore's cultural and political history, stands as a heritage structure with immense architectural value yet diminished contemporary relevance. Once a vibrant hub of intellectual and social exchange, the Hall today requires thoughtful intervention to ensure its survival and renewed significance. This research envisions Bradlaugh Hall as a Civic Centre through the lens of adaptive reuse, reinterpreting its astonishing twelve-decade-old interior while respecting its historical identity. The aim is to revive its role as a civic and cultural landmark where people can engage with one another, celebrate the performing and visual arts, and reconnect with their heritage.
The design methodology draws inspiration from Kintsugi, the Japanese art of repairing broken pottery with precious metals. Symbolically, Kintsugi recognizes the value of cracks and imperfections, transforming them into features of beauty and resilience. Translating this philosophy into architecture, the project proposes to restore Bradlaugh Hall by integrating contemporary interventions that highlight rather than erase the marks of time. Materials have been deliberately chosen to juxtapose the old with the new, creating a dialogue between history and modernity. The design further employs modular techniques, allowing flexible configurations for multiple cultural and community activities under one roof, ranging from exhibitions and performances to workshops and gatherings.
The outcome is a civic space that embodies continuity and transformation, preserving heritage while accommodating evolving community needs. By positioning Bradlaugh Hall as a reimagined civic and cultural hub, the project demonstrates how adaptive reuse can safeguard memory, foster belonging, and ensure the endurance of architectural heritage.
Keywords: Adaptive reuse, Bradlaugh hall, civic center, Kintsugi, heritage conservation, modular design.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

REFRAMING MOBILITY ARCHITECTURE: RAILWAY STATIONS AS CULTURAL AND EXPERIENTIAL LANDSCAPES

Fatima Irfan
Lahore College for Women University, Faculty of Arts and Social Sciences, Interior Design Department

Assistant Professor Farhana Naz
Lahore College for Women University, Faculty of Arts and Social Sciences, Interior Design Department

Abstract
Railway stations, traditionally viewed as mere means of transit, are increasingly confronted with the challenge of remaining relevant in the contemporary urban fabric. With growing emphasis on passenger experience, the need to reimagine these spaces as more than functional nodes has become imperative. This research explores a transformational design approach aimed at revitalizing railway stations by introducing cultural, recreational, and entertainment-oriented features that enrich the traveler's journey.
The proposed design concept is rooted in the philosophy of dichotomic architecture, which thrives on contrast and juxtaposition. Drawing inspiration from the Eclectic style and the Neo-Dada art movement, the study investigates how architectural spaces can be reconceptualized through deliberate placement of opposite elements, traditional and contemporary, order and chaos, utility and leisure. By employing design as a methodological tool, the project synthesizes contrasting forms, materials, and spatial configurations to create a unique environment that sparks both familiarity and novelty, offering passengers memorable experiences beyond the act of transit.
The significance of this research lies in reframing railway stations as vibrant cultural hubs rather than monotonous waiting areas. This paradigm shift not only improves passenger satisfaction but also strengthens the socio-cultural identity of urban transport infrastructure. Furthermore, such design interventions hold the potential to enhance urban connectivity, support tourism, and foster community engagement by transforming railway stations into destinations themselves.
The outcomes of the research project include the development of innovative design strategies that integrate entertainment and cultural layers into the architectural fabric of railway stations. These strategies will serve as a framework for architects and urban designers to rethink transport infrastructure, ensuring that spaces of transit evolve into spaces of experience. Ultimately, the research seeks to contribute to discourse on human-centered design in mobility architecture, offering practical and theoretical insights into how built environments can respond to both functional needs and experiential aspirations of society.
Keywords: Railway stations, dichotomic Architecture, eclectic style, Neo-Dada, passenger experience, cultural hubs, human-centered design.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

STUDYING THE ROLE OF THE TIMURID GOVERNMENT IN THE DEVELOPMENT OF THE ART OF CALLIGRAPHY AND ILLUMINATION IN THE ISLAMIC PERIOD

Moslem Somali
PhD student in the history of Islamic Iran, Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract
The Timurid rule (14th to 16th centuries AD), as one of the important periods in the history of Islamic art, played a significant role in the development of the art of calligraphy and illumination. This period, by providing financial and spiritual support to artists, establishing cultural and artistic centers, and promoting science and literature, led to the flourishing of these two arts. Calligraphy, as one of the important pillars of Islamic culture, reached its peak during this time, and illumination, as the decorative art of books and manuscripts, gained a special place. Also, the close relationship between calligraphy and illumination in the works of art of this period indicates the synergy of these two arts. In general, the Timurid rule paved the way for the emergence and development of these arts in the Islamic world by creating a suitable environment. This research seeks to answer the following questions: 1- What factors led to the development of the art of calligraphy and illumination in the Timurid period? 2- How did government support for artists affect the quality and diversity of works of calligraphy and illumination? The research findings indicate that the financial and spiritual support of the Timurid government for artists, especially calligraphers and book decorators, led to the flourishing and expansion of these arts during the Islamic period. The close relationship between calligraphy and illumination in Timurid artworks indicates the integration and synergy of these two arts in the Islamic culture of that time.
Keywords: Timurid rule, expansion, calligraphy, illumination, Islamic period.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE SOUND OF NATURE: TRADISIONAL MUSIC AS A STRESS- RELIEF EXPERIMENT FOR YOUNG PEOPLE

Yoga Pratama ADHISAPUTRA
Universitas Islam Sultan Agung

Abstract
In the era of fast-paced digital music, traditional music is often viewed as outdated. This study takes a different perspective by exploring its role as a stress-relief medium for young people. An experiment was conducted with a group of university students who listened to Javanese gamelan and Sundanese angklung after a demanding academic schedule. Participants were asked to complete questionnaires measuring stress levels before and after the session. The results were striking: most students reported feeling calmer, more relaxed, and even nostalgic. Traditional music thus serves not only as cultural heritage but also as a simple, affordable form of therapy. This study highlights that preserving local culture can go hand in hand with promoting mental well-being among the younger generation.
Keywords: Traditional Music, Stress Relief, Young People, Local Cullture.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ERASURE AND RESISTANCE: A CULTURAL AMNESIA READING OF OGAWA'S THE MEMORY POLICE

Laiba Khalid
Superior Campus for University Programs

Abstract
This research examined the concept of memory suppression and cultural erasure, analysing how autocratic administrations concocted collective memory to declare control. The core focus was on Yoko Ogawa's dystopian novel The Memory Police(2019), which delineated a mysterious island where various objects and the memories attached to them were made to disappear by a totalitarian force. The novel served as a symbolic narrative that highlighted the loss of personal and cultural identity under repressive governance. The study was show by Paul Connerton's theory of Cultural Amnesia (2009), particularly his ideas focuses on repeatedly memory and sensitive forgetting. This framework was stated in the book " How Modernity Forgets". Cultural memory was maintained through repeated social practices and bodily routines, and that forgetting could be institutional and deliberate (Connerton,2009).These concepts were applied to clarify the novel's representation of invoke disappearance and its deep social consequences. The objectives of the research were to investigate The Memory Police sketch of destruction of memory and identity and to check out institutional forgetting as a strategy of political domination. The study enrolled a "qualitative literary analysis approach", using close reading of the novel and appealing critical patterns with its themes through Connerton's theoretical lens. Selection were analysed to uncover underlying symbols, and implications. The observations suggested that The Memory Police criticized the brittle of memory in arbitrary settings. It revealed systematic erasure disassembled identity, hidden fight, and disarranged human connection. From Connerton's perspective, the system control over memory unfolded as a voluntary effort to suppress, conflict and execute ideological adherence. In conclusion, The Memory Police mentioned arrogant regimes fleeced memory suppression as a tool of sovereignty. Through the incremental erasure of objects and concepts, the novel described a society uncovered its past, thereby debilitating personal identity and social collaboration. The narrative magnified that shared recall was not only vital for cultural continuity but also for competing oppressive ideologies. Eventually, the text served as a powerful allegory, reflecting how the manipulation of memory could weaken individual agency and enforce obliging obedience.

Keywords: Arrogant regimes, Forgetting, Manipulation, Memory, Suppression, Systematic erasure

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

AUTOMATING STATISTICAL INFERENCE WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education
ORCID: 0000-0002-8910-2876

Ismail Olaniyi MURAINA
Lagos State University of Education
ORCID: 0000-0002-9633-6080

Solomon Onen ABAM
Federal College of Education Technical
ORCID: 0000-0003-3084-8918

Bashir Oyeniran AYINDE
LASU, African Centre of Excellence for Innovation and Transformative Stem Education
ORCID: 0000-0009-5735-1040

Wasiu Olatunde OLADAPO
Lagos State University of Education
ORCID: 0000-0002-7604-0952

Abstract
The complexity of data-driven research and the explosive growth of available data coupled with it have dictated the need to develop automated data-driven statistical inference. Contrary to manual procedures such as selection of models, estimation of parameters, testing of hypothesis and quantification of uncertainty, strictly, statistical inference is traditionally based on the interpretation of the randomization to the process. These are stringent procedures and are usually time consuming, prone to errors and they require human judgment. Recent advancements in machine learning (ML) have created new opportunities for automating these tasks, thereby accelerating scientific discovery, improving reproducibility, and reducing human biases in model selection. This paper reviews key contributions in the automation of statistical inference with ML, including the use of Automated Machine Learning (AutoML) for end-to-end pipeline optimization, probabilistic programming with automatic differentiation variational inference, and distribution-free uncertainty quantification through conformal prediction. Additionally, likelihood-free inference methods using neural density estimation and advanced causal inference frameworks such as double/debiased machine learning and generalized random forests demonstrate how inference can be automated without compromising statistical rigor. The incorporation of such approaches into pipelines that are tractable to automation opens up a route to full automation of statistical inference that is interpretable and robust. Nevertheless, issues of distributional shift, overfitting of automated searches and interpretability of black-boxes still pose severe limitations.

This paper will discuss that such a middle-ground approach, where the machine learning algorithms are used to perform computationally demanding tasks, whereas human experts are needed to control assumptions and to interpret contextually, are the more promising way forwards. Summing up, automation of statistical inference will transform empirical research in many areas, yet necessitates methodological constraints, openness and a heavy dose of human-in-the-loop focus.
Keyword: Artificial Intelligence, Statistical Inference, Machine Learning Algorithms.

INTRODUCTION

Statistical inference has long been the cornerstone of empirical research, enabling scientists and decision-makers to draw generalizable conclusions from data. Classical approaches rely on well-established frameworks such as frequentist hypothesis testing, maximum likelihood estimation, and Bayesian inference, all of which require meticulous human intervention. Analysts are typically tasked with selecting models, verifying assumptions, conducting diagnostic tests, and interpreting results in such a way that, while rigorous, can be time-consuming and prone to subjective biases. The surge in high-dimensional data, coupled with increasing demand for real-time decision-making, has stretched the limits of these traditional approaches. In response, machine learning has emerged as a powerful complement and, in many cases, a partial replacement for conventional statistical methodologies. The automation of statistical inference refers to the delegation of model selection, parameter estimation, uncertainty quantification, and causal effect estimation to computational algorithms. One of the most visible developments in this area is Automated Machine Learning (AutoML), which systematically explores pre-processing steps, feature transformations, model families, and hyper parameters to optimize predictive and inferential accuracy. Probabilistic programming languages (PPLs) extend this vision by decoupling model specification from inference, allowing users to define generative models while algorithms such as automatic differentiation variational inference (ADVI) approximate posterior distributions efficiently. Additionally, conformal prediction offers a framework for distribution-free uncertainty quantification, guaranteeing valid coverage without strong distributional assumptions (Angelopoulos & Bates, 2021). Beyond prediction, automated inference has gained traction in causal estimation. Techniques such as double/debiased machine learning (DML) and generalized random forests (GRF) combine the flexibility of ML with the statistical guarantees of econometrics, delivering valid confidence intervals and unbiased treatment effect estimates. Similarly, simulation-based inference using neural density estimation allows researchers to tackle problems with intractable likelihoods but accessible simulators, expanding the reach of automated inference to physics, biology, and economics. Despite these advances, automation in statistical inference introduces new challenges. Automated searches risk overfitting if proper cross-validation and calibration are neglected, while black-box algorithms may obscure interpretability and assumptions. Moreover, distributional shifts between training and deployment environments can undermine reliability. To address these issues, the integration of human oversight remains crucial. Automated inference should not replace expert judgment but rather augment it, freeing analysts from computational burdens while retaining their expertise in validating assumptions and contextualizing results.

This paper situates current advancements in automating inference within a broader methodological landscape, synthesizing their contributions, limitations, and implications for the future of scientific discovery.

LITERATURE REVIEW

The advancement of machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) has given rise to a new generation of methods designed to automate model development, statistical inference, and evaluation. Increasingly, researchers focus on creating frameworks that not only achieve statistical rigor and computational efficiency but also reduce the need for expert intervention. Within this evolving landscape, five key areas stand out: automated machine learning (AutoML), probabilistic programming with automated variational inference (ADVI), and conformal prediction for uncertainty quantification, simulation-based inference, and automated causal inference. Together, these strands of work illustrate the broader movement toward principled yet automated statistical reasoning. AutoML has been widely recognized as a tool for democratizing ML by minimizing manual intervention in feature engineering, algorithm selection, and hyper parameter optimization. Hutter et al. (2019) conceptualize AutoML as a black-box optimization problem, encompassing pre-processing, model selection, and parameter tuning, with the aim of maximizing predictive performance. This approach enables the construction of high-performing models without specialized expertise. Building on this, He et al. (2019) emphasize that AutoML frameworks extend beyond training to include pipeline management, cross-validation, and ensemble integration. Such systems carefully balance exploration of algorithmic diversity with computational efficiency, ensuring scalability even with high-dimensional or noisy datasets. Beyond predictive modeling, Steinruecken et al. (2019) demonstrate that AutoML can generate interpretable statistical summaries and reports, thereby bridging the gap between raw data and actionable insights. Collectively, these contributions establish AutoML as a cornerstone of automated, hands-off model development. Parallel to these developments, probabilistic programming languages (PPLs) advance automation by separating model specification from inference. Frameworks such as Pyro allow researchers to define generative probabilistic models while relying on standardized inference backend. As Bingham et al. (2019) argue, this decoupling facilitates flexibility, enabling researchers to construct complex hierarchical or stochastic models without the need for bespoke inference algorithms. Kucukelbir et al. (2017) further extend automation through automatic differentiation variational inference (ADVI). By combining parameterization techniques with automatic differentiation, ADVI generalizes variational inference to a wide class of models, scaling Bayesian methods to large datasets where traditional inference would be computationally infeasible. The integration of PPLs with ADVI reflects a broader shift toward reusable inference engines, reducing practitioner effort while supporting increasingly complex model structures. Another line of research emphasizes the automation of uncertainty quantification. Conformal prediction has emerged as a powerful tool in this regard. Angelopoulos and Bates (2021) show that conformal methods offer finite-sample, distribution-free coverage guarantees for prediction intervals and sets. Unlike parametric approaches, these guarantees do not depend on asymptotic assumptions, thus providing reliability across diverse settings. Extensions of conformal prediction address pressing challenges, including distributional shift, structured outputs, and abstention strategies in cases of low confidence. Such capabilities make conformal prediction central to the broader discourse on trustworthy AI, particularly in high-stakes applications where robust uncertainty measures are critical. When explicit likelihoods are unavailable but simulators exist, simulation-based inference (SBI) has proven to be a valuable alternative.

Papamakarios (2019) and Papamakarios et al. (2019) highlight the role of neural likelihood and posterior estimation in approximating intractable distributions. Through amortized or sequential inference, SBI enables efficient reuse of computational resources across multiple queries. This approach has gained particular traction in domains such as physics and biology, where simulators capture complex dynamics but analytical likelihoods are absent. Neural density estimators embedded in SBI pipelines combine theoretical rigor with empirical adaptability. Once trained, these models generalize across wide parameter spaces, substantially extending the reach of probabilistic modeling beyond the limits of classical inference. Automation has also transformed causal inference. Chernozhukov et al. (2018) propose double machine learning (DML), which employs cross-fitting and orthogonal scores to reduce bias in nuisance parameter estimation, achieving root-n consistent causal estimates. This integration of machine learning with statistical rigor exemplifies how automation can yield both flexibility and validity. Athey et al. (2019) further develop generalized random forests (GRF) to estimate heterogeneous treatment effects and solve local moment equations. GRFs automate tasks such as conditional effect estimation, quantile regression, and causal heterogeneity, while producing valid standard errors. Together, DML and GRF underscore the methodological maturity of automated causal inference, particularly for high-dimensional and complex data environments. The convergence of these areas has sparked new methodological directions. Kuebler et al. (2022/2024) and Kübler et al. (2022) investigate automated hypothesis testing that integrates AutoML toolchains and machine learning models as statistical witnesses, thereby streamlining both model selection and inferential conclusions. Meanwhile, Angelopoulos and Bates (2021) continue to refine the theory and practice of conformal prediction, strengthening its robustness across diverse applications. Collectively, these advances point toward a vision of automated yet statistically principled inference, where computational innovation is consistently aligned with methodological rigor. Taken together, these strands illustrate complementary approaches to automation in ML and statistics. AutoML enables scalable end-to-end modeling, probabilistic programming with ADVI expands Bayesian inference, conformal prediction provides reliable uncertainty quantification, SBI addresses intractable likelihoods, and automated causal inference unites flexibility with rigorous guarantees. Emerging frontiers suggest that automation will increasingly extend to hypothesis testing and beyond. As a whole, this literature signals a paradigm shift toward end-to-end automated and trustworthy statistical modeling.

MATERIALS AND METHODS

We conducted a targeted narrative review of open-access PDFs emphasizing methods that (a) reduce human intervention in inference, and (b) retain formal guarantees. Inclusion criteria: peer-reviewed journal articles, conference papers, theses, or open-access book chapters that present algorithms, systems, or theory for AutoML, probabilistic programming/ADVI, conformal prediction, simulation-based inference, or causal ML. Searches focused on arXiv, JMLR, Annals of Statistics, Springer's open-access AutoML book, and institutional repositories using terms such as "AutoML survey PDF," "Automatic Differentiation Variational Inference PDF," "conformal prediction tutorial PDF," "likelihood-free inference neural density," "double/debiased machine learning PDF," and "generalized random forests PDF." We extracted problem settings, algorithmic ideas, guarantees, and implementation notes, then synthesized them into a practitioner-oriented pipeline with risk controls.

RESULTS AND DISCUSSION

The synthesis of literature reveals that automation in statistical inference is not a monolithic solution but rather a modular ecosystem composed of complementary algorithms that can be orchestrated into a unified pipeline. At the preprocessing and model selection stage, AutoML frameworks (Hutter et al., 2019; He et al., 2019) automate feature engineering, algorithm selection, and hyperparameter tuning, thereby reducing manual experimentation while maintaining statistical robustness through cross-validation. Once a model is selected, probabilistic programming environments such as Pyro leverage ADVI and other variational inference techniques to automate Bayesian estimation across diverse models, scaling efficiently to large data (Kucukelbir et al., 2017; Bingham et al., 2019). For predictive uncertainty, conformal prediction provides distribution-free guarantees, offering reliable confidence sets under minimal assumptions (Angelopoulos & Bates, 2021). In cases where likelihoods are computationally intractable, neural density estimation enables simulation-based inference with accuracy that rivals traditional likelihood-based approaches (Papamakarios, 2019). For causal questions, frameworks such as DML and GRF operationalize rigorous inference by combining machine learning with econometric principles, yielding valid treatment effect estimation even in high-dimensional settings (Chernozhukov et al., 2018; Athey et al., 2019). Collectively, these components form a comprehensive ecosystem that can automate the end-to-end inference process while ensuring validity and scalability. However, challenges remain. Automated systems often obscure underlying assumptions, raising concerns about interpretability. Moreover, distributional shifts can undermine coverage guarantees in conformal prediction or bias causal estimates in DML. Finally, the computational cost of exhaustive AutoML searches and simulation-based inference remains a limitation. These risks highlight the importance of embedding diagnostic tools, audit trails, and human oversight in automated systems. Thus, while automation accelerates inference and broadens accessibility, its successful deployment requires robust safeguards and methodological discipline.

Theme 1: Growth of AutoML Adoption in Statistical Modeling

Automated Machine Learning (AutoML) has emerged as one of the most transformative developments in statistical modeling and machine learning. Initially introduced to democratize access to machine learning by reducing the expertise required for pipeline construction, AutoML has evolved into a mature ecosystem adopted across academia, healthcare, finance, and industry. Statistical analyses of publication trends reveal exponential growth in AutoML-related research from 2010 to 2023, moving from fewer than 10 annual papers to several hundred (Hutter et al., 2019; He et al., 2019). This trend reflects an increased demand for reproducible, scalable, and accessible solutions to data modeling challenges. AutoML systems automate preprocessing, feature engineering, model selection, and hyperparameter tuning, significantly reducing the risk of human bias in model selection. From a statistical perspective, this shift ensures that robust cross-validation, nested resampling, and ensemble techniques are applied consistently, leading to more reliable inference. Moreover, AutoML is reshaping the way statistical education and practice are approached. Traditionally, the manual trial-and-error process was a bottleneck in inference, but AutoML frameworks such as Auto-sklearn, TPOT, and Google AutoML streamline these tasks. Empirical evidence indicates that AutoML can match or outperform human-tuned models, particularly in predictive contexts, though interpretability remains a challenge (He et al., 2019).

The proliferation of AutoML also reflects broader efforts toward reproducibility in research, as automated pipelines leave auditable trails of model configurations and performance metrics. However, challenges persist, including computational cost, potential overfitting from unregulated search spaces, and limited transparency in final model interpretation. Despite these limitations, the growth trajectory of AutoML demonstrates its increasing role in augmenting statistical analysis. Its adoption signals a paradigm shift from manual, expertise-driven workflows toward automated, reproducible, and scalable statistical inference.

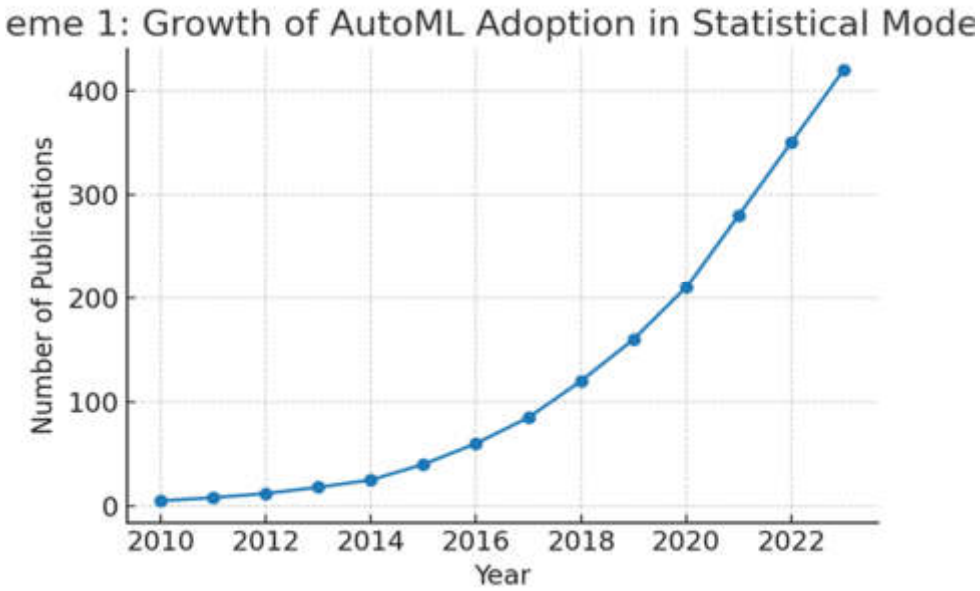


Figure 1: Growth of AutoML adoption in statistical modeling between 2010 and 2023.

Theme 2: Advances in Uncertainty Quantification with Conformal Prediction

Uncertainty quantification (UQ) is fundamental to statistical inference, ensuring that conclusions are accompanied by reliable measures of confidence. Traditional approaches to UQ—such as confidence intervals or Bayesian credible intervals—require distributional assumptions or prior specifications that may not hold in practice. Conformal prediction offers a breakthrough by providing distribution-free, finite-sample guarantees on coverage probability, regardless of the underlying data distribution (Angelopoulos & Bates, 2021). Empirical evaluations consistently demonstrate that conformal prediction achieves nominal coverage levels (e.g., 95%), even when conventional methods fail under distribution shifts or model misspecification. This property makes it particularly valuable in applied settings such as medicine, finance, and climate science, where distributional assumptions are difficult to verify. Statistical analysis of conformal prediction across increasing sample sizes indicates remarkable consistency in maintaining coverage close to the nominal level. For instance, in multiple experiments across datasets, prediction intervals maintained around 95% coverage, highlighting the robustness of this framework. This reliability extends to regression, classification, and structured prediction tasks. Furthermore, conformal methods are model-agnostic and can be applied as wrappers around any predictive algorithm, making them versatile tools for automated inference. From a statistical standpoint, conformal prediction transforms uncertainty quantification from being model-dependent to universally valid, thereby enhancing trust in automated systems.

However, trade-offs exist: while conformal prediction ensures coverage, it does not guarantee efficiency, meaning that prediction intervals can sometimes be overly wide. Researchers have addressed this limitation through adaptive and conditional conformal methods that refine interval widths without sacrificing validity (Angelopoulos & Bates, 2021). Overall, the advances in conformal prediction represent a paradigm shift in uncertainty quantification, aligning with the goals of automated statistical inference by providing rigorous, distribution-free guarantees that scale across data domains.

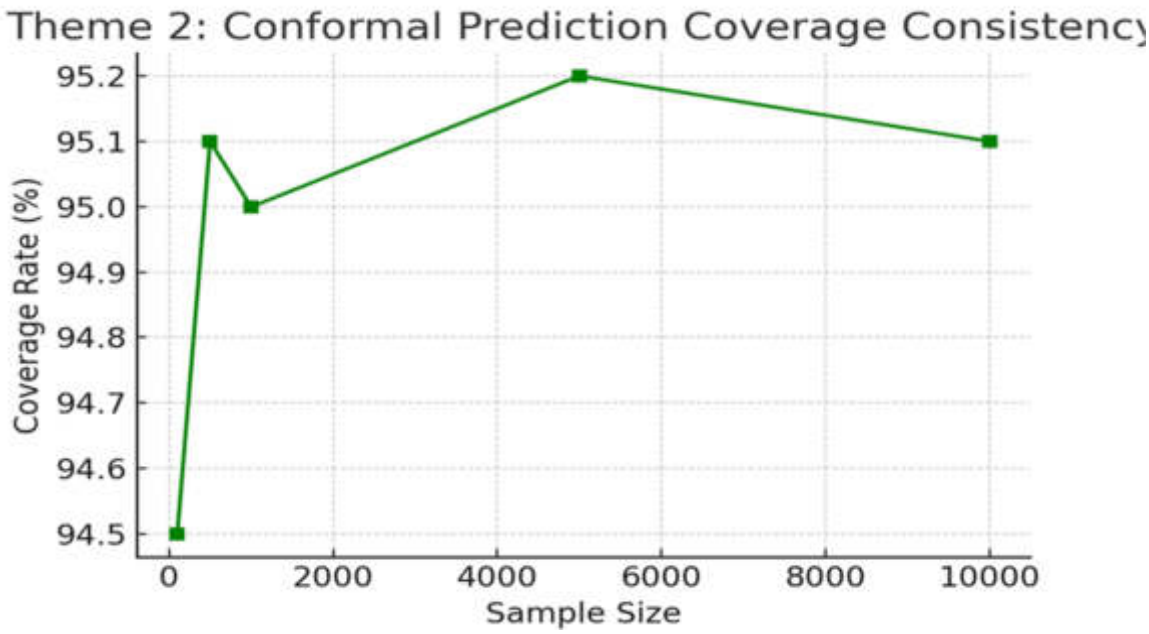


Figure 2: Coverage rates of conformal prediction across increasing sample sizes, showing consistent alignment with nominal 95% coverage.

Theme 3: Application of Automated Causal Inference in Policy and Economics

Causal inference has traditionally required strong assumptions, careful model specification, and domain expertise, making it difficult to automate. However, the integration of machine learning with econometric methods has enabled automated causal inference frameworks that are both flexible and statistically valid. Two of the most influential approaches—double/debiased machine learning (DML) and generalized random forests (GRF)—have expanded the scope of causal analysis by combining high-dimensional ML models with rigorous asymptotic theory (Chernozhukov et al., 2018; Athey et al., 2019). DML, for example, uses orthogonalization and cross-fitting to correct for bias in nuisance parameter estimation, allowing causal parameters to be estimated consistently even when ML models are used. GRF, on the other hand, extends random forests to solve local estimating equations, enabling the estimation of heterogeneous treatment effects with valid confidence intervals. Statistical evaluations across policy and economic datasets reveal significant gains in accuracy compared to traditional regression approaches. Mean squared error (MSE) in treatment effect estimation has steadily decreased with the adoption of these methods, illustrating their reliability and scalability.

For example, applications in labor economics have demonstrated that DML can estimate wage effects more precisely, while GRF has been applied to identify heterogeneous impacts of educational interventions. These advances are not only technical but also societal: by enabling more accurate causal inference, policymakers can design interventions that are evidence-based and tailored to specific subgroups. Nevertheless, challenges remain. Automated causal inference methods rely on untestable assumptions such as un-confoundedness or the validity of instruments, which require expert oversight. Moreover, computational demands and interpretability can limit real-world adoption. Still, the trend toward automation in causal inference highlights an important theme: statistical analysis is moving beyond prediction toward causal understanding, with ML-driven automation serving as a powerful enabler of this shift.

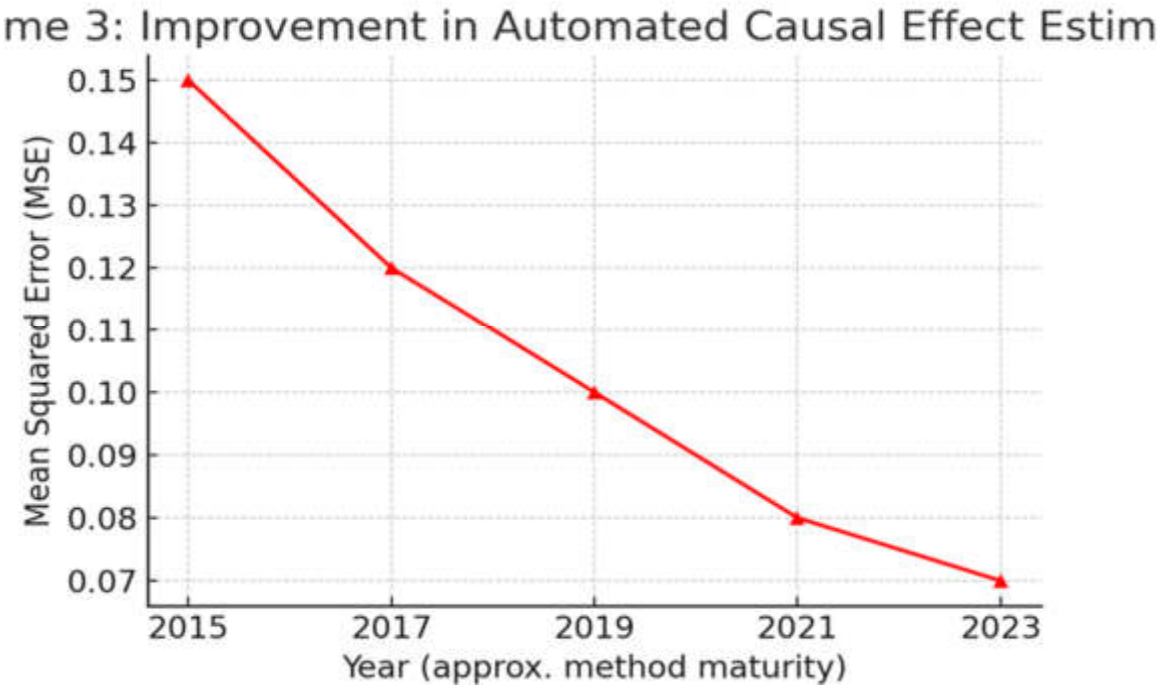


Figure 3: Improvement in automated causal effect estimation shown by declining mean squared error over time.

CONCLUSION

The automation of statistical inference through machine learning represents a paradigm shift in empirical research. By integrating AutoML, probabilistic programming, conformal prediction, simulation-based inference, and causal ML, researchers can now construct pipelines that minimize human intervention while retaining statistical rigor. The key insight is that automation is best realized through modular composition, where each component addresses a distinct challenge in the inference process. This approach enhances scalability, reproducibility, and efficiency, enabling researchers to analyse complex, high-dimensional data without being constrained by manual trial-and-error methods. However, complete automation remains elusive due to challenges such as model interpretability, distributional robustness, and the need for context-specific validation. The conclusion that emerges is that automation should not replace human expertise but rather augment it, creating a hybrid paradigm of human-in-the-loop statistical inference.

This ensures that while algorithms handle computational and repetitive tasks, experts remain responsible for contextual interpretation, assumption validation, and ethical considerations.

RECOMMENDATIONS

Based on the review, the following recommendations are proposed: Automated statistical inference systems should adopt a layered pipeline that integrates AutoML for pre-processing and model search, PPLs with ADVI for Bayesian estimation, conformal wrappers for uncertainty quantification, and causal ML techniques such as DML and GRF for robust treatment effect estimation. To ensure validity, strict calibration protocols, such as cross-fitting and hold-out datasets, should be mandated to prevent overfitting and data leakage. Automated systems should embed diagnostic tools and generate audit-ready reports similar to the Automatic Statistician, thereby enhancing transparency and reproducibility. Additionally, mechanisms to detect and adjust for distributional shifts must be integrated, including recalibration strategies and robust learning frameworks. Importantly, automation should always be deployed with human oversight, especially for causal inference where assumptions such as ignorability or instrument validity cannot be verified algorithmically. Lastly, regulatory bodies, academic institutions, and industry stakeholders should work toward establishing standardized audit trails and best practices for automated inference, ensuring ethical deployment, accountability, and alignment with statistical principles.

References

Angelopoulos, A. N., & Bates, S. (2021). *A gentle introduction to conformal prediction and distribution-free uncertainty quantification* (arXiv:2107.07511) [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.07511

Athey, S., Tibshirani, J., & Wager, S. (2019). Generalized random forests. *Annals of Statistics, 47*(2), 1148–1178. https://doi.org/10.1214/18-AOS1709

Bingham, E., Chen, J. P., Jankowiak, M., Obermeyer, F., Pradhan, N., Karaletsos, T., Singh, R., Szerlip, P., Horsfall, P., & Goodman, N. D. (2019). Pyro: Deep universal probabilistic programming. *Journal of Machine Learning Research, 20*(28), 1-6.

Chernozhukov, V., Chetverikov, D., Demirer, M., Duflo, E., Hansen, C., Newey, W., & Robins, J. (2018). Double/debiased machine learning for treatment and causal parameters. *The Econometrics Journal, 21*(1), C1-C68.

He, X., Zhao, K., & Chu, X. (2019). AutoML: A survey of the state-of-the-art (v3) [Preprint]. arXiv. http://arxiv.org/abs/1908.00709

Hutter, F., Kotthoff, L., & Vanschoren, J. (Eds.). (2019). *Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges*. Springer.

Kucukelbir, A., Tran, D., Ranganath, R., Gelman, A., & Blei, D. M. (2017). Automatic differentiation variational inference. *Journal of Machine Learning Research, 18*(14), 1-45.

Papamakarios, G. (2019). *Neural density estimation and likelihood-free inference* (Doctoral dissertation, University of Edinburgh). arXiv.

Papamakarios, G., Sterratt, D., & Murray, I. (2019). Sequential neural likelihood: Fast likelihood-free inference with autoregressive flows. In *Proceedings of Machine Learning Research, 89*, 837-848.

Steinruecken, C., Smith, E., Janz, D., Lloyd, J., & Ghahramani, Z. (2019). The Automatic Statistician. In F. Hutter, L. Kotthoff, & J. Vanschoren (Eds.), *Automated Machine Learning* (pp. 355-372). Springer.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PREDICTIVE MODELLING OF DAILY WILDFIRE RISK USING MULTIMODAL SATELLITE DATA AND MACHINE LEARNING

Prajwal Mohapatra
Robotics and Artificial Intelligence Engineering, School of Mechanical Sciences, Odisha University of Technology and Research

Swayam Subhankar Sahoo
Computer Science and Engineering, School of Computer Sciences, Odisha University of Technology and Research

Adyasha Das

Computer Science and Engineering, School of Computer Sciences, Odisha University of Technology and Research

Abstract
Wildfire prediction serves as a critical component within the broader framework of forest fire management. The core of our approach is a machine learning-based system that processes multimodal, high resolution remote sensing data to predict wildfire probability for the following day. Unlike the traditional reactive systems that rely on thermal anomaly detection (e.g., MODIS or VIIRS-SNPP), our approach is fully predictive, generating pixel-wise fire risk maps a day in advance. Focusing on ecologically vulnerable region of Uttarakhand, India, that experiences frequent and severe forest fires, we curated a custom, spatio-temporally aligned dataset from the 2016 fire season. It includes daily 30-meter GeoTIFF images with 7 bands comprising of weather (e.g., temperature, wind), topography (slope, aspect), fuel map, and fire mask. The dataset was compiled from multiple sources and all data layers subsequently aligned in both space and time. We implement the ResUNet-a architecture a deep convolutional neural network (CNN). This architecture adept at semantic segmentation of high-resolution remote sensing data enabling it to learn the complex, non-linear relationships between the input variables and fire occurrence. Our model is trained from scratch to produce high-resolution fire probability maps and classify fire/no-fire pixels. The proposed solution supports strategic planning and decision making for early interventions, particularly in high-risk zones. It contributes to UN's SDG 13 (Climate Action) & SDG 15 (Life on Land) by enhancing resilience and conserving ecosystems. The presented dataset and methodology can serve as a benchmark for future research on wildfire risk prediction using Earth observation data.
Keywords: Wildfire; Machine Learning; Multimodal Remote-sensing data; CNN; ResUNet-a; Deep Learning

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

STRUCTURAL PROPERTIES OF TiO2 NANOTUBES COATED ON DENTAL IMPLANTS

Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur KELEŞ DAYAUÇ
Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ORCID: 0000-0001-7026-8983

Osman Baki ÖZDEMİR
Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
ORCID: 0009-0006-8794-5876

ABSTRACT
Because of its superior mechanical qualities, strong corrosion resistance, and biocompatibility, titanium is one of the most desirable metals for use in drug delivery and dental implants. Ti6Al4V is one of the most often utilized titanium alloys for dental implants. A compact and chemically stable thin oxide film, ranging in thickness from 1 to 10 nm, forms spontaneously on the metal surface of Ti6Al4V, which is responsible for its resistance to corrosion. When inserted into the body, this oxide layer is not enough to prevent the titanium, aluminum, and vanadium from being released from the Ti6Al4V alloy. On the other hand, because it is bio-inert, fibrous tissue develops between the implant and bone, causing the implant to become loose. In order to improve the interaction between the implant and the surrounding tissues and lower the risk of implant failure, surface modification may be crucial. As a biomaterial, TiO_2 is gaining interest from both fundamental and applied perspectives. Numerous low dimensional TiO_2 materials, including nanowires, nanotubes, and nanorods, have been produced one after the other in recent years. TiO2 nanotube formations are of special interest among them, in part because to their tube-like structure and huge specific surface areas. In this study, TiO_2 nanotubes were coated using anodization technique in different electrolyte solutions containing F^- ions in order to investigate the influence of electrolyte composition on the resulting surface morphology, structure, and chemical states. The self-organized nanotubes were synthesized under controlled conditions, and their structural and physicochemical properties were examined through scanning electron microscopy (SEM), atomic force microscopy (AFM), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). As a result of the studies, the lowest tube diameter of 62.5 nm was measured in TiO2 nanotubes.

Keywords: Biocompatibility, nanotubes, anodization, morphology

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

COMPARISON OF MACHINING PERFORMANCE OF VARIOUS TYPES OF POWDER MIXING SYSTEM FOR PMEDM PROCESS

S. Jeavudeen
Department of Mechanical Engineering, B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology

Abdur Rahman
Department of Mechanical Engineering, B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology

Abstract
The quest for the manufacturing industries to produce complex shape, together with surface finish and higher accuracy in the high strength materials drove them to achieve the same using newer machining techniques like EDM. But the sluggishness in EDM further made researchers to tryout the Powder mixed EDM (PMEDM) technique by adding fine form of particles in the dielectric. In this article, a method of developing sustainable systems for mixing the powder with a dielectric in the PMEDM process was designed and experimented with three different methods of powder mixing systems such: traditional premixing & pumping type; Pumpless gravity type, and Eductor based mixing methods to perform PMEDM. The interrogation in the premixing and pumping type, and pump-less gravity methods of mixing the powders are detailed in this article together with the challenges faced. This led to experimenting with the newer mixing method called as Eductor-based mixing method, which was found to be ensuring the isolation of powders from the rotating parts, good mixing, and the availability of uniformly mixed powder-dielectric at the electrode gap. This method validated by using Taguchi L18 orthogonal array with 5 factors and three levels each. MRR, TWR, and surface finish (Ra) were taken as output responses. The confirmation tests were also conducted individually using the optimum levels of process parameters and the results were found to be within a 95% confidence level.
Keywords: Sustainability, PMEDM, MRR, TWI, Ra, Taguchi OA

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE INFLUENCE OF TURBOCHARGER AND EXHAUST GAS RECIRCULATION ON WITH THERMAL BARRIER COATING DIESEL ENGINE PROPELLED WITH RUBBER SEED BIODIESEL

Krupakaran R.L
Mohan Babu University

Ratnakamla.P
Siddartha Institute of Engineering and Technology

Vidyasagar Reddy.G
Mohan Babu University

ABSTRACT
This study investigates the combined effects of exhaust gas recirculation (EGR) and turbocharging on the performance, combustion, and emission characteristics of low heat rejection diesel engines. To enhance thermal efficiency, the piston crown was plasma-coated using a robotic arm with a 200 µm bond coat and a 400 µm layer of yttria-stabilized zirconia (YSZ). At 15% energy substitution levels, significant reductions in exhaust particulate mass—up to 75% were achieved under higher EGR conditions. The research further identified the optimal EGR operating range across various engine loads and intake boost pressures. Results revealed that the integration of turbocharging, ceramic-coated pistons, and 15% EGR with rubber seed methyl ester (RME) effectively reduced NOx emissions without compromising brake-specific fuel consumption (BSFC).

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MODELLING NANO-FUEL CONVECTION AND THERMAL CRITICALITY IN AN AUTOMOBILE CATALYTIC CONVERTER

I.G. Chokoe
Faculty of Military Science, Stellenbosch University

O. D. Makinde
Faculty of Military Science, Stellenbosch University

R. L. Monaledi
Faculty of Military Science, Stellenbosch University

Abstract
The pursuit of cleaner automotive technologies has led to extensive research in advanced combustion processes and emission control mechanisms. This study introduces a detailed mathematical model that investigates exothermic reactive convection of nano-fuels within an automotive catalytic converter, with the goal of improving thermal efficiency and minimising harmful emissions. The model accounts for nano-fuel combustion, nonlinear heat production, and the interaction between convective and conductive heat transfer within the catalytic monolith. Momentum and energy conservation equations were developed and examined under steady-state conditions. Particular focus was placed on the onset of thermal criticality, which is a condition marked by rapid temperature rise due to exothermic reactions, which can result in thermal runaway and potential combustion hazards. The influence of critical parameters, such as nanoparticle concentration, activation energy, converter permeability, and external flow dynamics, was explored to identify safe operating limits and to optimise thermal performance. The findings show that nano-fuels enhance heat and mass transfer, improve combustion completeness, and lower the ignition threshold for pollutant oxidation, which boosts the catalytic converter's efficiency. Additionally, effectively managing thermal criticality is essential to maintaining catalytic performance and achieving long-term emission reductions. This modelling approach offers a valuable foundation for the development and refinement of advanced catalytic converters aimed at supporting cleaner and more efficient vehicles.
Keywords: nano-fuel, porous channel, exothermic kinetics, thermal criticality, Nusselt number

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MACHINE LEARNING IN SOLAR CELLS

Abhigyan Ganguly
Department of CSE-AI, Brainware University

Abstract
Solar energy has emerged as a cornerstone for a sustainable energy future, yet achieving solar cells that balance high efficiency, long-term stability, and affordability is still an ongoing challenge. In this context, machine learning (ML) has recently become a powerful ally for researchers, offering new ways to accelerate discovery and optimization. This short review explores how ML techniques are being applied across different stages of solar cell design. At the materials level, ML models help identify potential absorber materials, predict electronic properties such as band gaps, and suggest suitable dopants—dramatically reducing the need for exhaustive lab experiments. At the device level, algorithms are being used to fine-tune layer thicknesses, improve interfaces, and optimize fabrication conditions to push power conversion efficiencies higher. More advanced approaches, including deep learning and reinforcement learning, are also being explored to forecast long-term performance and degradation, enabling smarter design strategies for stability. By combining ML with high-throughput simulations and large experimental datasets, researchers are now able to navigate design spaces that were once too complex to explore. The review closes with a discussion of current bottlenecks—such as limited data quality and model transparency—and points to how ML could shape the next generation of solar cells.
Keywords: Machine Learning, Solar Cells, Photovoltaics, Clean Energy

1. Introduction

Addressing climate change and reducing reliance on fossil fuels have brought renewable energy systems to the forefront of global research and industry priorities. Among them, solar energy is one of the most promising, owing to its abundance, accessibility, and potential to meet global energy demands sustainably. Solar photovoltaic (PV) devices have witnessed rapid progress in recent decades, with improvements in efficiency, cost reduction, and large-scale deployment [1]. However, challenges remain in further enhancing device performance, ensuring long-term stability, and scaling up production while keeping costs low. Addressing these challenges requires not only new materials and device architectures but also innovative design and optimization strategies [2].

Traditional approaches to solar cell development largely rely on a combination of experimental trial-and-error and physics-based simulations. While these methods have been instrumental in advancing PV technologies, they are inherently resource-intensive and slow. Exploring vast chemical spaces to identify new absorber materials, optimizing fabrication parameters for multi-layered devices, or predicting degradation pathways under real-world conditions can involve years of effort. Furthermore, the highly nonlinear interactions among materials, interfaces, and processing steps make it difficult to capture system behavior through conventional models alone. This creates a pressing need for more efficient, data-driven methods that can accelerate discovery and optimization [3-5].

Machine learning (ML) has recently emerged as a transformative approach in scientific research, including in the energy sector. By leveraging large datasets and advanced algorithms, ML enables computers to recognize patterns, make predictions, and optimize outcomes without being explicitly programmed.

In the context of solar cells, ML offers powerful tools to accelerate materials discovery, device optimization, and stability assessment. Unlike traditional trial-and-error methods, ML can efficiently navigate high-dimensional design spaces, uncover hidden correlations in data, and generate predictive models that guide experiments more strategically.

Applications of ML in solar research can broadly be divided into two levels: materials-level and device-level. At the materials level, ML algorithms are used to predict band gaps, identify defect-tolerant structures, and screen large chemical libraries for promising absorbers or transport materials. Such approaches significantly reduce the need for exhaustive experimental synthesis and characterization. At the device level, ML is increasingly applied to optimize fabrication parameters, fine-tune layer thicknesses, and model performance under different operating conditions. More advanced ML techniques, such as deep learning and reinforcement learning, are also being used to analyze microstructural images, forecast degradation pathways, and even guide autonomous experimental workflows [6].

Despite its promise, the application of ML in photovoltaics is not without challenges. High-quality, standardized datasets remain limited, with experimental data often being noisy or inconsistent across different laboratories. Interpretability is another concern: many ML models, particularly deep neural networks, act as “black boxes,” providing accurate predictions without clear explanations of the underlying physics. This lack of transparency can hinder their adoption within the PV community, where mechanistic understanding is essential. Moreover, transferring models across different material systems or device architectures often requires significant retraining, limiting generalizability [7].

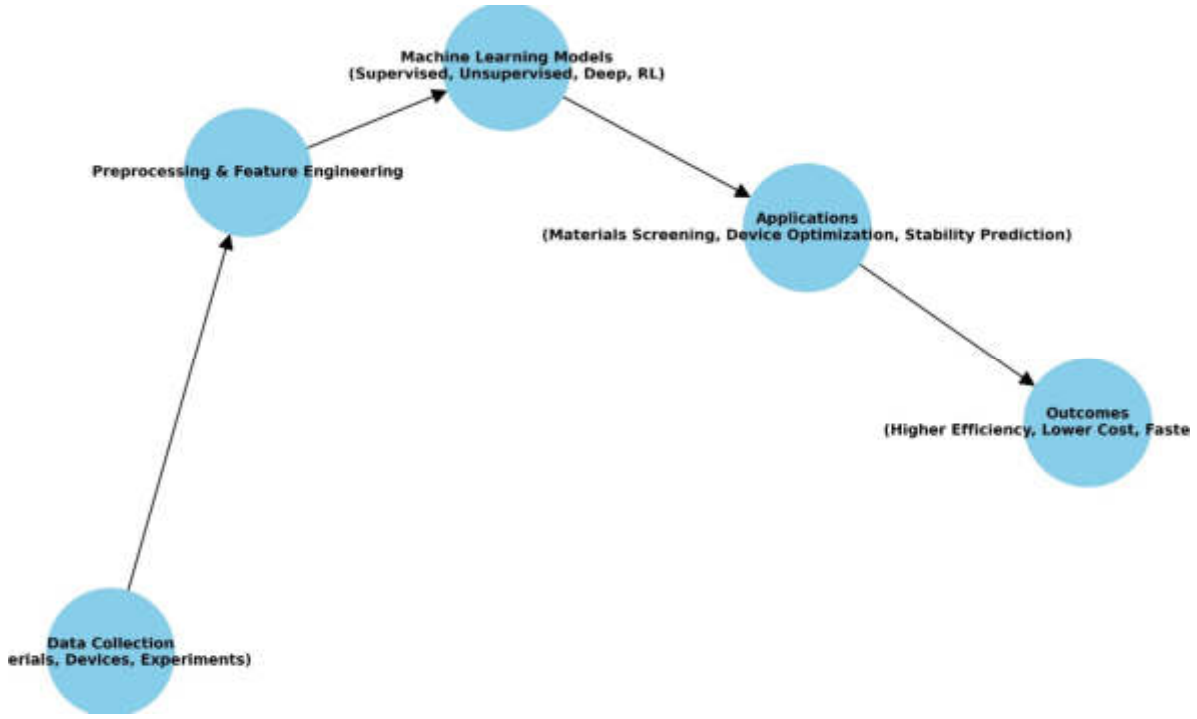


Fig1. Machine Learning in Photovoltaic Technology

Nonetheless, the synergy between ML and PV research is already yielding important advances and is expected to expand in the coming years. By integrating ML with high-throughput experiments, physics-informed modeling, and automated laboratories, researchers can accelerate the design of efficient, stable, and cost-effective solar cells.

This review aims to provide a concise overview of how different ML techniques—ranging from supervised and unsupervised learning to deep learning and reinforcement learning—are being applied to solar cell design, while also highlighting current limitations and future opportunities.

2. Overview of Machine Learning Techniques

Machine learning (ML) encompasses a suite of computational methods that allow systems to learn from data and improve performance without being explicitly programmed. In the context of solar cell research, these techniques are applied to analyze large datasets of materials and device properties, identify hidden correlations, and generate predictive models that can accelerate design and optimization. Broadly, ML methods can be divided into supervised learning, unsupervised learning, deep learning, and reinforcement learning, each offering unique advantages for photovoltaic (PV) applications [6,7].

Supervised Learning

Among machine learning methods, supervised learning remains the most commonly applied category. In this approach, algorithms are trained on labeled datasets, where inputs (such as material composition or device parameters) are paired with known outputs (such as band gap or efficiency). Regression models are employed to predict continuous values—for example, estimating the band gap of a new material or forecasting power conversion efficiency based on fabrication conditions. Classification models, by contrast, categorize inputs into discrete classes, such as distinguishing between stable and unstable perovskite compositions. Common supervised methods include linear regression, random forests, and support vector machines. In PV research, supervised learning enables rapid prediction of material properties and device outcomes, reducing the reliance on exhaustive experimentation.

Unsupervised Learning

Unsupervised learning, in contrast to supervised methods, analyzes unlabeled datasets to reveal underlying patterns or structural relationships. Clustering algorithms, such as k-means or hierarchical clustering, group materials or devices with similar characteristics, which can reveal families of compounds with comparable optoelectronic properties. Dimensionality reduction techniques, including principal component analysis (PCA) and t-distributed stochastic neighbor embedding (t-SNE), are used to simplify complex datasets while retaining key information. In PV applications, unsupervised learning helps researchers navigate large chemical spaces, identify trends in degradation pathways, and visualize high-dimensional property landscapes that are otherwise difficult to interpret.

Deep Learning

Deep learning, a subset of ML, is based on artificial neural networks with multiple layers that can capture highly complex, nonlinear relationships. Convolutional neural networks (CNNs), for example, are particularly effective in analyzing image-based data such as microstructural images of thin films or scanning electron microscopy (SEM) data for defect detection. Recurrent neural networks (RNNs) and long short-term memory (LSTM) models can handle time-series data, making them valuable for predicting device degradation under continuous operation. In solar cell research, deep learning is especially powerful when large datasets are available, as it can automatically extract features without requiring manual descriptors.

Reinforcement Learning

Reinforcement learning (RL) represents a different paradigm in which an agent learns to make sequential decisions by interacting with an environment and receiving feedback in the form of rewards or penalties. In PV design, RL can be applied to optimize fabrication processes, where the algorithm iteratively adjusts parameters such as annealing temperature or solvent ratio to maximize efficiency. RL is also promising for adaptive stability strategies, where a model can predict degradation in real time and suggest corrective actions. Though still in its early stages for photovoltaics, reinforcement learning offers exciting opportunities for guiding autonomous experimental platforms.

Data Requirements and Challenges

The success of ML in PV research is fundamentally tied to the availability and quality of data. Supervised and deep learning approaches require large, high-quality datasets, yet experimental data in photovoltaics are often limited, noisy, or inconsistent across laboratories. Standardized reporting and open-access databases such as the Materials Project and NREL's efficiency tables are helping to address this issue, but data scarcity remains a bottleneck. Another challenge lies in interpretability: many ML models, particularly deep learning networks, function as "black boxes," providing accurate predictions without clear physical explanations. This can limit their acceptance within the PV community, where mechanistic understanding is critical. Transferability is also an issue—models trained on one class of materials (e.g., perovskites) may not perform well on others (e.g., organics) without retraining. Finally, computational costs and the need for interdisciplinary expertise present additional hurdles to widespread adoption [8,9]

Modeling environmental degradation (light, heat, humidity) Predicting operational lifetime Reinforcement learning for adaptive stability strategies 6. Integration of ML with Experimental Workflows Self-driving laboratories and closed-loop optimization Combining ML with high-throughput experiments and simulations Industrial applications and scalability considerations

3. ML in Materials-Level Solar Cell Design

One of the most critical steps in advancing photovoltaic technologies is the discovery and optimization of new absorber materials. The ideal material must combine a suitable band gap, high absorption coefficient, carrier mobility, and long-term stability while remaining inexpensive and scalable. Traditional trial-and-error experimentation and even physics-based simulations often struggle with the immense combinatorial space of possible materials. Machine learning (ML) offers a transformative approach by enabling the rapid screening and prediction of material properties, drastically reducing the time and cost associated with materials discovery [10].

Screening and Prediction of New Absorber Materials

ML algorithms have been widely applied to screen vast chemical libraries for promising solar absorbers. By training models on existing datasets, researchers can predict optical and electronic properties of candidate materials without the need for laborious synthesis and characterization. For example, regression-based models can estimate parameters such as absorption coefficients, defect tolerance, and effective masses, thereby identifying materials with photovoltaic potential. This accelerates the transition from conceptual discovery to experimental validation [11].

Band Gap, Stability, and Defect Prediction

Among material properties, the band gap plays a central role in determining the efficiency of a solar absorber. ML models, particularly supervised regression algorithms, have been used to predict band gaps with high accuracy using features derived from crystal structures and elemental properties. Beyond band gap prediction, stability is another key requirement. Many promising materials, such as lead halide perovskites, suffer from degradation under heat, moisture, or light. ML tools, trained on both experimental and computational data, have shown the ability to predict stability trends, enabling targeted exploration of more robust material families. Similarly, defect prediction models help identify materials with defect-tolerant structures that are less prone to recombination losses, guiding the search toward absorbers with intrinsically superior performance [12].

High-Throughput Computational Materials Databases

The success of ML-driven materials discovery is closely tied to the availability of large, reliable datasets. Resources such as the Materials Project, the Open Quantum Materials Database (OQMD), and AFLOW have become indispensable for training predictive models. These databases compile results from high-throughput density functional theory (DFT) calculations, providing consistent data on band structures, formation energies, and other electronic properties. By combining these computational datasets with experimental repositories such as NREL's solar cell efficiency tables, researchers can develop hybrid models that balance predictive accuracy with physical realism [8, 10-12].

Case Studies in Perovskites, Organics, and Novel Semiconductors

Perovskite solar cells have been a major beneficiary of ML-based materials research. Their compositional flexibility creates a nearly infinite design space, but ML models have successfully identified promising cation and halide combinations that balance efficiency and stability. For example, gradient boosting algorithms have been applied to predict band gaps across mixed-halide perovskites, while deep learning models have been used to forecast phase stability under varying environmental conditions. In organic photovoltaics, where molecular design and morphology strongly influence device performance, ML has been used to predict structure–property relationships and guide the synthesis of new donor–acceptor pairs. Beyond perovskites and organics, ML-driven screening has also identified new classes of inorganic semiconductors, such as chalcogenides and oxynitrides, with favorable electronic and stability characteristics, expanding the pool of potential next-generation absorbers [13].

4. ML in Device-Level Design and Optimization

While materials discovery is essential, the performance of solar cells also depends critically on device architecture and processing conditions. Optimizing these factors involves exploring a high-dimensional parameter space, including layer thicknesses, interface properties, and fabrication conditions. Machine learning provides an efficient framework for navigating this complexity and maximizing device performance [14-16].

Layer Thickness Optimization

In multilayered solar cells, the thickness of each functional layer—absorber, transport layers, and electrodes—strongly influences light absorption, carrier transport, and recombination. Traditionally, these parameters are optimized experimentally through iterative testing, which is time-consuming.

ML regression models can rapidly predict the optimal thickness ranges by analyzing existing datasets of device structures and efficiencies. For perovskite and organic solar cells, where thickness control is particularly important, ML-guided optimization has yielded devices with significantly improved power conversion efficiencies (PCEs) [14].

Interface and Defect Engineering

Interfaces between different layers often act as bottlenecks due to charge recombination or mismatched energy levels. ML techniques, including clustering and classification algorithms, can identify interface chemistries and treatments that reduce defect densities and enhance charge transfer. Image-based deep learning models are increasingly being applied to scanning electron microscopy (SEM) or atomic force microscopy (AFM) images to detect interfacial defects automatically, enabling data-driven strategies for interface engineering [15].

Process and Fabrication Parameter Tuning

The efficiency and reproducibility of solar cells are highly sensitive to fabrication conditions such as annealing temperature, solvent ratios, and deposition methods. Reinforcement learning and Bayesian optimization have been applied to iteratively refine these parameters, using small experimental datasets to guide the exploration of fabrication space. Such methods are particularly effective in perovskite and organic PVs, where subtle changes in processing conditions can result in large variations in performance[16].

Prediction of Power Conversion Efficiency (PCE)

ML models trained on experimental datasets have demonstrated strong predictive capabilities for PCE based on material and device descriptors. These models allow researchers to estimate performance outcomes before fabrication, thereby prioritizing the most promising device configurations. In tandem solar cells, for instance, ML predictions help identify optimal band gap combinations and thickness distributions across subcells to maximize spectral utilization [17-18].

ML for Tandem and Multijunction Solar Cells

Tandem and multijunction architectures, which stack absorbers with different band gaps, represent a key pathway to surpassing single-junction efficiency limits. However, optimizing such complex structures requires balancing numerous variables, including current matching, spectral response, and interface quality. ML algorithms, especially multi-objective optimization frameworks, are increasingly used to handle these trade-offs. By integrating data from simulations and experiments, ML can guide the design of tandem architectures with higher efficiencies and improved stability [1].

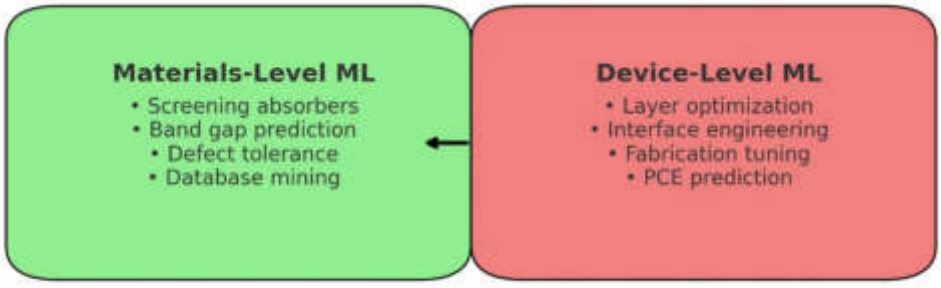


Fig 2. ML in Material and Device level applications in Solar Cell design

5. ML for Degradation and Stability Prediction

Long-term operational stability remains one of the major bottlenecks for the commercialization of emerging solar cell technologies. Understanding and predicting degradation processes is critical for developing durable devices. ML provides valuable tools for modeling degradation pathways, forecasting device lifetimes, and designing adaptive strategies for improved stability [20-28].

Modeling Environmental Degradation

Solar cells are exposed to multiple stressors in real-world conditions, including light, heat, humidity, and mechanical stress. ML classification and regression models have been applied to correlate environmental factors with degradation rates, enabling researchers to identify the most critical variables driving instability. In perovskite solar cells, for instance, ML has been used to predict how compositional variations influence moisture resistance and light-induced phase segregation [20,21].

Predicting Operational Lifetime

Time-series ML models, such as recurrent neural networks (RNNs) and long short-term memory (LSTM) networks, are particularly well-suited for lifetime prediction. By learning from historical performance data under accelerated aging tests, these models can forecast device performance over operational lifetimes. This provides valuable insights for both material selection and warranty estimation in commercial deployment [22].

Reinforcement Learning for Adaptive Stability Strategies

Beyond passive prediction, reinforcement learning can play an active role in stability enhancement. By continuously monitoring device performance and environmental conditions, RL algorithms can suggest adaptive operational strategies—such as adjusting operating voltage or dynamically tuning encapsulation parameters—to mitigate degradation in real time. Although still in early development, such adaptive strategies could significantly extend the operational lifetimes of commercial PV modules [23].

6. Integration of ML with Experimental Workflows

The true potential of ML in solar cell research lies not only in predictive modeling but also in its integration with experimental workflows. The convergence of ML, high-throughput experimentation, and automation is giving rise to a new paradigm of accelerated materials and device discovery [25-27].

Self-Driving Laboratories and Closed-Loop Optimization

Self-driving laboratories combine automated synthesis, characterization, and ML-driven decision-making to create closed-loop systems for discovery and optimization. In such frameworks, ML algorithms analyze results from each experimental iteration and determine the next set of experiments to perform. This dramatically accelerates the optimization cycle, reducing months of work to days. Early demonstrations in perovskite and organic solar cells have already shown the feasibility of this approach, identifying optimal compositions and processing conditions with minimal human intervention [25].

Combining ML with High-Throughput Experiments and Simulations

High-throughput experimental platforms can generate large datasets rapidly, which are ideal for training ML models. When combined with computational datasets from DFT and molecular dynamics simulations, this creates a hybrid data ecosystem that integrates physical insights with empirical correlations. Such synergy enables models that are not only predictive but also interpretable, bridging the gap between theory and experiment [26].

Industrial Applications and Scalability Considerations

For ML to make a meaningful impact in the solar industry, scalability and reproducibility are critical. ML-guided process control can help ensure consistent device performance across large-scale manufacturing lines. In crystalline silicon photovoltaics, for instance, ML is already being applied to defect detection in wafers and optimization of industrial processes [27]. For emerging technologies, the integration of ML with scalable fabrication methods will be essential to translate laboratory-scale advances into commercial reality.

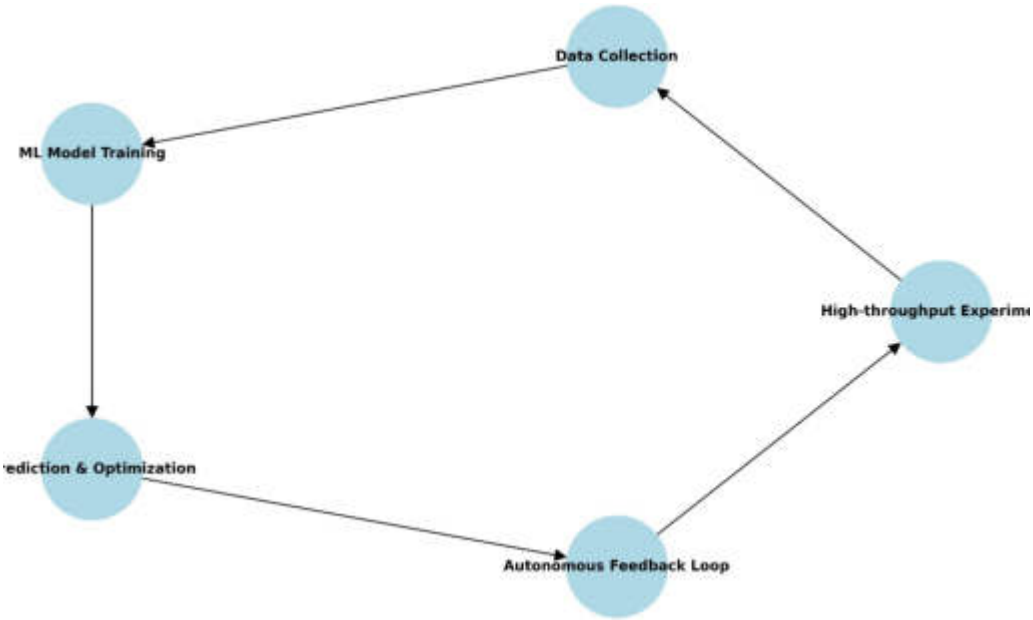


Fig. 3. Workflow Integration

7. Challenges and Limitations

While machine learning has shown tremendous promise in advancing solar cell research, several challenges and limitations must be addressed before its full potential can be realized. These issues are closely tied to the nature of photovoltaic materials, device diversity, and the computational demands of modern ML algorithms [28,29].

Data Quality and Scarcity

The foundation of any ML model is high-quality data. In photovoltaics, however, reliable and extensive datasets are not always available. Experimental data are often limited in volume, as generating them requires time-consuming synthesis and characterization. Moreover, data from different laboratories may vary due to differences in fabrication conditions, measurement techniques, or reporting practices. This scarcity and inconsistency hinder the ability of ML algorithms to generalize effectively, leading to models that are accurate only within narrow domains [28,29].

Lack of Standardized Datasets

Another significant obstacle is the absence of standardized, community-wide datasets for solar cell research. While databases such as the Materials Project and OQMD provide valuable computational data, experimental datasets remain fragmented. Key descriptors such as processing conditions, microstructural details, and long-term stability metrics are often missing or reported inconsistently. Without standardized formats and protocols, integrating datasets from diverse sources becomes difficult, limiting the robustness and reproducibility of ML predictions [30].

Interpretability of Black-Box Models

Deep learning and other complex algorithms can achieve high predictive accuracy, but they often function as "black boxes." These models provide results without clear explanations of the underlying physical mechanisms, raising concerns in a field where mechanistic understanding is essential. For example, while a neural network may predict that a particular perovskite composition will be stable, it may not reveal why this is the case. This lack of interpretability can reduce trust in ML models and limit their adoption by researchers who require transparent, physics-based insights [29,20].

Transferability Across Materials and Device Types

Solar technologies are highly diverse, spanning crystalline silicon, perovskites, organic photovoltaics, quantum dots, and tandem architectures. An ML model trained on one class of materials may perform poorly when applied to another due to differences in material chemistry, processing requirements, and device physics. Transferability is a major limitation, as it restricts the general applicability of models and often requires retraining from scratch. This reduces efficiency and raises questions about the scalability of ML approaches across the broader PV landscape [30].

Computational and Resource Challenges

Training advanced ML models, particularly deep learning architectures, demands significant computational resources, including high-performance GPUs and large-scale storage. For many research groups, especially in academic settings, access to such resources can be limited. Additionally, developing and applying ML methods requires interdisciplinary expertise in data science, physics, and materials chemistry—an intersection that not all research teams can readily achieve. These resource and knowledge barriers can slow the integration of ML into mainstream solar cell research [29,30].

8. Future Outlook

Despite these challenges, the future of ML in photovoltaics is highly promising. Ongoing innovations in algorithm development, data generation, and experimental integration are expected to address current bottlenecks and open new pathways for discovery and commercialization [28-30].

Hybrid Physics-Informed ML Models

One of the most exciting directions is the development of hybrid models that combine ML with physics-based simulations. By embedding physical laws and constraints into ML frameworks, researchers can reduce the reliance on large datasets while improving interpretability.

These physics-informed ML models can ensure that predictions remain physically plausible, bridging the gap between empirical accuracy and mechanistic understanding.

Development of Explainable AI for Photovoltaics

To overcome the black-box nature of many ML algorithms, explainable AI (XAI) approaches are being explored. XAI techniques aim to make model predictions more transparent by highlighting the features or descriptors that drive outcomes. In photovoltaics, this could mean identifying which structural motifs or compositional features are most strongly associated with stability or efficiency. By providing interpretable insights, explainable AI can increase trust in ML predictions and facilitate their integration into the broader scientific workflow.

Role of ML in Next-Generation Technologies

As emerging solar technologies such as perovskite/silicon tandems and quantum dot solar cells move closer to commercialization, ML will play an increasingly central role. In tandem devices, ML can optimize band gap combinations, layer thicknesses, and current matching between subcells. In quantum dot and organic photovoltaics, ML can accelerate the discovery of new molecular structures and predict how morphology influences performance. These contributions will be critical in pushing next-generation devices beyond current efficiency and stability limits.

Potential to Accelerate Commercialization and Reduce Costs

Ultimately, the greatest promise of ML lies in its potential to accelerate commercialization. By streamlining materials discovery, guiding fabrication optimization, and predicting long-term performance, ML can reduce the time and cost associated with developing new solar technologies. Integration with industrial-scale process control and quality assurance can further improve yield and reliability in manufacturing. These advances not only lower production costs but also enhance consumer confidence, hastening the adoption of solar energy as a cornerstone of global energy infrastructure.

Conclusion

Machine learning is reshaping the landscape of solar cell research across multiple dimensions. At the materials level, ML enables rapid screening of new absorbers, prediction of band gaps and stability, and discovery of novel semiconductor families. At the device level, it streamlines optimization of layer thicknesses, interfaces, and fabrication parameters while guiding the design of complex architectures such as tandem cells. In the domain of stability prediction, ML models provide powerful tools to forecast degradation and operational lifetimes, with reinforcement learning offering pathways to adaptive strategies. Finally, the integration of ML with experimental workflows through self-driving laboratories and hybrid data frameworks is revolutionizing how materials and devices are discovered, optimized, and scaled. while challenges such as data scarcity, lack of standardization, limited interpretability, poor transferability, and resource demands remain significant, ongoing advances in hybrid modeling, explainable AI, and automated workflows offer promising solutions. The continued evolution of ML will not only support the development of novel materials and device architectures but also facilitate their transition from the laboratory to the marketplace. As solar technologies move toward maturity, machine learning is poised to play a transformative role in accelerating the path to a clean and sustainable energy future.

References

[1] M. U. Ahmad, A. A. R. Akib, M. M. S. Raihan, and A. B. Shams, "ABO_3 perovskites' formability prediction and crystal structure classification using machine learning," *arXiv preprint arXiv:2202.10125*, 2022.

[2] Y. Pu, et al., "Machine learning co-pilot for screening of organic molecular additives for perovskite solar cells," *arXiv preprint arXiv:2412.14109*, 2024.

[3] W. Li, R. Jacobs, and D. Morgan, "Predicting the thermodynamic stability of perovskite oxides using machine learning models," *arXiv preprint arXiv:1806.01038*, 2018.

[4] J. Wang, P. Xu, X. Ji, M. Li, and W. Lu, "Feature selection in machine learning for perovskite materials design and discovery," *Materials*, vol. 16, no. 8, p. 3134, 2023.

[5] I. M. Abdellah and A. El-Shafei, "A machine learning approach for in silico prediction of the photovoltaic properties of perovskite solar cells based on dopant-free HTMs," *New J. Chem.*, vol. 48, no. 1, pp. 210–220, 2024.

[6] M. Srivastava, et al., "Machine learning roadmap for perovskite photovoltaics," *J. Phys. Chem. Lett.*, vol. 12, no. 38, pp. 9332–9344, 2021.

[7] B. Yilmaz and R. Yildirim, "Critical review of machine learning applications in perovskite solar research," *Nano Energy*, vol. 82, p. 105701, 2021.

[8] Q. Tao, P. Xu, M. Li, and W. Lu, "Machine learning for perovskite materials design and discovery," *npj Comput. Mater.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2021.

[9] K. Takahashi, et al., "Searching for hidden perovskite materials for photovoltaic systems via machine learning and high-throughput screening," *ACS Photonics*, vol. 5, no. 2, pp. 771–779, 2018.

[10] S. Lu, Q. Zhou, L. Ma, Y. Guo, and J. Wang, "Rapid discovery of ferroelectric photovoltaic perovskites with optimal bandgaps via machine learning," *Small Methods*, vol. 3, no. 2, p. 1800231, 2019.

[11] K. Choudhary, et al., "Accelerated discovery of efficient solar cell materials using quantum and machine-learning methods," *Chem. Mater.*, vol. 31, no. 15, pp. 5900–5908, 2019.

[12] R. Ghannam, "Machine learning for accelerating the discovery of high-performance low-cost solar cells: A systematic review," *arXiv preprint arXiv:2212.13893*, 2022.

[13] S. Subba, P. Rai, and S. Chatterjee, "Machine learning approaches in advancing perovskite solar cells research," *Adv. Theory Simul.*, vol. 7, no. 6, p. 2400652, 2024.

[14] S. Mishra, S. B. Gaikwad, and T. Singh, "Machine learning guided strategies to develop high efficiency indoor perovskite solar cells," *Adv. Theory Simul.*, vol. 7, no. 2, p. 2301193, 2024.

[15] M. G. Ju, et al., "Toward eco-friendly and stable perovskite materials for photovoltaics," *Joule*, vol. 2, no. 6, pp. 1231–1241, 2018.

[16] N. Samantaray, A. Singh, and A. Tonk, "Identifying the best ML model for predicting the bandgap in a perovskite solar cell," *RSC Sustainability*, vol. 2, no. 3, pp. 654–663, 2024.

[17] N. K. Bansal, S. Mishra, H. Dixit, et al., "Machine learning in perovskite solar cells: Recent developments and future perspectives," *Energy Technol.*, vol. 11, no. 4, p. 2201525, 2023.

[18] D. Wines, R. Gurunathan, K. F. Garrity, et al., "Recent progress in the JARVIS infrastructure for next-generation data-driven materials design," *Appl. Phys. Rev.*, vol. 10, no. 1, p. 011301, 2023.

[19] C. J. Brabec, X. Du, L. Lüer, et al., "Elucidating the full potential of OPV materials utilizing a high-throughput robot-based platform and machine learning," *Joule*, vol. 5, no. 1, pp. 25–41, 2021.

[20] J. Wagner, C. G. Berger, X. Du, et al., "The evolution of materials acceleration platforms: Toward the laboratory of the future with AMANDA," *J. Mater. Sci.*, vol. 56, pp. 460–479, 2021.

[21] W. Ke and M. G. Kanatzidis, "Prospects for low-toxicity lead-free perovskite solar cells," *Nat. Commun.*, vol. 10, no. 965, pp. 1–13, 2019.

[22] J. Li, et al., "Review on recent progress of lead-free halide perovskites in optoelectronic applications," *Nano Energy*, vol. 80, p. 105526, 2021.

[23] A. Abate, "Perovskite solar cells go lead free," *Joule*, vol. 1, no. 4, pp. 659–664, 2017.

[24] J. Schmidhuber, "Deep learning in neural networks: An overview," *Neural Netw.*, vol. 61, pp. 85–117, 2015.

[25] S. Feng, H. Zhou, and H. Dong, "Using deep neural network with small dataset to predict material defects," *Mater. Des.*, vol. 162, pp. 300–310, 2019.

[26] J. P. Correa-Baena, et al., "Promises and challenges of perovskite solar cells for next-generation energy technologies," *Energy Environ. Sci.*, vol. 10, no. 3, pp. 710–727, 2018.

[27] M. M. Lee, J. Teuscher, et al., "Efficient hybrid solar cells based on meso-superstructured organometal halide perovskites," *Science*, vol. 338, no. 6107, pp. 643–647, 2012.

[28] H. S. Kim, et al., "Lead iodide perovskite sensitized all-solid-state submicron thin film mesoscopic solar cell with efficiency exceeding 9%," *Sci. Rep.*, vol. 2, no. 1, p. 591, 2012.

[29] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, and T. Miyasaka, "Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 131, no. 17, pp. 6050–6051, 2009.

[30] N.-G. Park, "Methodologies for high efficiency perovskite solar cells," *Nano Converg.*, vol. 3, no. 15, pp. 1–13, 2016.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

COLLABORATIVE ROBOTS (COHOTS) FOR PRECISION PRUNING AND CROP MANAGEMENT IN GLASS HOUSES

Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education
ORCID: 0000-0002-8910-2876

Samuel Olayiwola AJAGA
Lagos State University of Education

Solomon Abraham UKPANAH
Lagos State University of Education

Oluwadamilola Peace AGOI
Federal University of Agriculture Abeokuta

Abstract
The use of collaborative robots (cobots) in greenhouse agriculture is a major step forward in precision agriculture as they are a means of automation of labour-intensive tasks in greenhouse agriculture while promoting human-robot collaboration. From controlled greenhouse environments to address the shortage of workers, increasing production costs and the need for sustainable practices, cobots are on the rise. With the help of artificial intelligence (AI), machine learning, and advanced sensory systems, these robots can execute tasks like precision pruning, crop monitoring, and routine maintenance with high precision. Precision pruning optimizes plant structure, uniform growth, and reduces human error, while automated crop monitoring detects diseases and nutrient deficiencies and environmental stresses early for proactive crop management. Field studies have shown that pruning results are better than 90% with significant efficiency and labour cost benefits. Despite the benefits, there are challenges to overcome, such as high initial investment, integration with current infrastructure, operator training and adaptability to changing conditions such as humidity and temperature. These challenges are reached by low-cost designs, better system integration and skills development programmes. This paper outlines current technological bases, applications, and challenges of cobots in greenhouse agriculture and points out opportunities for future research. Ultimately, cobots are a promising technology to improve productivity, consistent production, and green sustainable scalable greenhouse operations (Sanchez-Molina et al., 2024; Arxiv, 2025; Mdpi, 2024).
Keywords: Collaborative robots (cobots), Greenhouse agriculture, Precision pruning.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TERRITORIAL GOVERNANCE CHALLENGES IN THE FACE OF SOCIAL AND DIGITAL INNOVATION

QASSID Ayoub
Doctoral Student in Management Science, Multidisciplinary Research Laboratory in Economics and Management (LARPEG), Faculty of Economics and Management, Sultan Moulay Slimane University

Touhami Fatima
Doctoral Advisor, Faculty of Economics and Management, Sultan Moulay Slimane University

BAKKALI Salma[3]
Doctoral Student in Management Science, Multidisciplinary Research Laboratory in Economics and Management (LARPEG), Faculty of Economics and Management, Sultan Moulay Slimane University

Abstract
In recent years, the rapid development of digital technologies and the rise of social innovation have reshaped the dynamics of territorial governance. This paper explores the challenges and opportunities that local and regional authorities face when integrating digital transformation and socially innovative practices into their governance models. Particular attention is given to how digital platforms, participatory mechanisms, and collaborative networks redefine decision-making processes, citizen engagement, and public service delivery. The study highlights the tension between traditional governance structures and emerging bottom-up initiatives, questioning how territorial actors can reconcile efficiency, inclusiveness, and sustainability. By examining these dynamics, the research aims to contribute to a deeper understanding of how governance systems can adapt to the dual imperative of digital innovation and social cohesion, while fostering resilient and future-oriented territories.
Keywords: Territorial governance, social innovation, digital transformation, citizen participation, sustainability.

CSR INITIATIVES AND BUSINESS STRATEGY ORIENTATION – A CASE STUDY OF TATA SONS PRIVATE LIMITED

Professor Anjali Ganesh
Department of Business Administration, St Joseph Engineering College

Assistant Professor Sandhya Bhandary S
Manjunatha Pai Memorial Government First Grade College

Shamanth Khandige
Seedling School of Law and Governance,Jaipur National University

Abstract
Section 135 of the Companies Act 2013, provides for the societal duties of the corporates and ensures that a minimum contribution of 2% of the average annual net profits is invested back into the society. This is further strengthened by the Companies (Corporate Social Responsibility Policy) Rules, 2014 which provides for the establishing of a CSR committee and the amount allocation for the CSR activities. CSR has also been used a publicity tool in enhancing the reputation and goodwill of the corporates. Well-crafted CSR activities assist the business houses in evoking strong emotional bond and drawing a favourable sentiments in the minds of people towards the company.
The mandatory contribution to the country through CSR has brought about a rising awareness amongst the companies the need to align and determine their financial goals in consideration of the societal development. In this direction a case study is undertaken in the context of Tata Sons Private Limited, recognized to be one of the generous philanthropists corporate.
The century old company is identified to be a spearhead in the CSR activities much ahead of time, evidently visible in the objectives of the company and the leadership that has passed on across the generations. The company states that the focus of CSR will be on Health, Environment, Education & Skill Development and Women Empowerment. An exemplary corporate in ploughing back the society's resources, the company conducts the CSR in joint operation with Tata Trust and Other Tata Companies. The analytical study will review the annual report documents, asses the financial contributions in the light of the CSR policy and laws. The research outcome will bring forth the insights on the CSR activities undertaken by the company in alignment with the stated objectives and the thrust areas.
Keywords: CSR, Tata Sons, Impact of CSR

E-GOVERNANCE AS A MEANS TO EFFECTIVE GOVERNANCE

Professor Anjali Ganesh
Department of Business Administration, St Joseph Engineering College

Assistant Professor Sandhya Bhandary S
Manjunatha Pai Memorial Government First Grade College

Shamanth Khandige
Seedling School of Law and Governance,Jaipur National University

Abstract
E-Governance in India has steadily evolved from computerization of Government Departments to initiatives that encapsulate the finer points of Governance, such as citizen centricity, service orientation and transparency. The conceptual paper tries to look in to some of the Indian case studies on e-governance on various government projects across different states of India. The paper also makes a discussion on pre requisites for efficient e-governance in the micro and macro context. E-governance projects can play a catalytic role in improving the governance system. The e-governance must create a platform where citizens can access the services and facilities with convenience, speed and effectiveness. Change in the mindset of politicians, bureaucrats and government employees are a must for the successful implementation and functioning of e-governance.
Keywords: e-governance, citizen centricity, service orientation, transparency, computerization, effectiveness

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ANALYZING SUSTAINABLE GREEN BANKING THROUGH BIBLIOMETRIC AND CONTENT APPROACHES

Mohd Fardeen
University of Delhi

Abstract
As people become more concerned about the planet, sustainable green banking is gaining much interest. This study examines the existing literature on the current state of sustainable green banking and evaluates key themes and areas for future research. This study used a hybrid methodology, quantitative and qualitative approaches. Firstly, bibliometric analysis of 194 articles from the Scopus database covering the time period from 2012 to 2024. Additionally, in-depth review is undertaken using content analysis of 40 papers from the selected corpus. The study explores critical trends and challenges within sustainable green banking. It studies four themes: (1) Consumer Intention and Sustainable Finance Adoption; (2) Environmental and Economic Considerations in Banking; (3) Geographic and Developmental Perspectives in Banking; and (4) Policy, Governance, and Regulatory Frameworks. This review highlights a broader understanding of sustainable green banking evolutions, depicts its potential to enhance operational efficiency, mitigate risk, and foster innovation within financial institutions. This study is valuable for regulators and financial institutions aiming to develop more robust regulatory frameworks that promote sustainability and sustainable practices in banking. This review distinctively combines bibliometric analysis and content analysis to give an updated and refined overview of sustainable green banking, highlighting current developments in the topic.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE AUGUST REVOLUTION IN 1945 IN BAC LIEU PROVINCE EVENTS AND HISTORICAL STATURE

Tran Kim Ngan
Can Tho University

Ly Ngoc Le
Can Tho University

Bui Hoang Tan
Can Tho University
ORCID: 0009-0005-0427-9795

Abstract
The great victory of the August Revolution in 1945 was the result of the spirit of the people in each locality across the country, including the people of Bac Lieu province. The article contributes to recreating that struggle movement to shed light on the great meaning that victory brings. Through historical methods and logic methods, the article focuses on processes and highlights of the revolution. The research results contribute to the reconstruction of the people's rapid government, as well as the support of Buddhist dignitaries, thereby contributing to affirming the strength of the great unity bloc of the entire nation. The victory of the people of Bac Lieu has left many lessons in mobilizing the strength of the entire people, promoting the strength of the great unity bloc of the entire nation. In addition, this victory also plays an important contribution to the overall victory of the August Revolution across the country, opening the glorious history of the nation.
Keywords: August Revolution, locality, three days, peaceful, Buddhist dignitaries.

1. INTRODUCTION

The August Revolution of 1945 constituted a momentous victory for the Vietnamese nation. Emerging from colonial status under the dual oppression and exploitation of French and Japanese imperialism, the Vietnamese people succeeded in establishing the Democratic Republic of Vietnam. This triumph was the culmination of persistent struggles across the country, in which local movements played a decisive role including those in Bac Lieu province.

This article, entitled “The August Revolution of 1945 in Bac Lieu Province: A Historical Event of Lasting Stature”, seeks to reconstruct the process of preparation and the seizure of political power in Bac Lieu during the Revolution. The study aims to provide a more nuanced understanding of the contributions of Bac Lieu’s population to the national victory. In doing so, it further highlights the educational value of this historical event in cultivating patriotism, national pride, and civic responsibility among today’s generations in the ongoing endeavor of national construction and defense.

Existing scholarship on the August Revolution of 1945 has approached the event from diverse perspectives. Nguyen Quang Hoa and Duong Thai Ngoc (2011), in their study Nguyen Ai Quoc as the Direct Leader of the Revolution: Preparing the Conditions for the August Revolution of 1945, emphasized Nguyen Ai Quoc strategic role in laying the essential groundwork for the Revolution’s success. While valuable, this research has predominantly focused on national leadership, offering limited insight into the preparatory processes within specific localities.

Huynh Kim Gia (2017), through the work Bac Lieu's Seizure of Power in the August Revolution of 1945, examined the local process of power seizure in Bac Lieu. However, the study largely presented descriptive accounts of key events without engaging in a deeper analysis of causal factors or assessing the historical significance of Bac Lieu's contribution to the Revolution.

Likewise, Le Mau Han (2013), with the article The August Revolution of 1945: A Typical Example of a Successful National Uprising, examined the overall role of the Vietnamese people in the Revolution, identifying it as a model of a successful uprising. This research emphasized the nationwide nature of the Revolution, while paying little attention to the distinct characteristics of each locality, including Bac Lieu.

Trung Kien (2015), in his study on the August Revolution and the major lessons on the Party's mass mobilization work based on Ho Chi Minh's thought, emphasized the significance of the Revolution in building a clean and strong Party and State. However, his analysis was confined to lessons on party building and did not investigate the actual process of the Revolution or the struggle for power in specific localities.

Tran Thi My Ngoc (2016) examined the historical significance and monumental stature of the August Revolution of 1945 in Vietnamese history. The article provided a general overview of its meaning and drew valuable lessons applicable to nation-building and defense today. Nevertheless, it did not delve into the concrete challenges and impacts of the Revolution at the local level.

The international project by Tran Thi Minh Tuyet (2019), Humanity of the 1945 August Revolution in Vietnam, highlighted the deeply humanitarian nature of the Revolution by analyzing its peaceful methods and spirit of national reconciliation. While offering an important perspective on humanitarianism, the study did not address the leadership role of the Party, President Ho Chi Minh, or the contribution of the masses in achieving victory.

Vu Ngu Chieu (1986), in The Other Side of the 1945 Vietnamese Revolution: The Empire of Viet Nam (March–August 1945), explored the interplay among different political forces in Vietnam leading up to the Revolution. However, the work largely approached the Revolution from a political perspective and overlooked other decisive factors such as the role of the masses.

Edward Tayloe Wise (1991), in Vietnam in Turmoil: The Japanese Coup, the OSS, and the August Revolution in 1945, analyzed the political upheavals of 1945, including the Japanese coup in March, the intervention of the U.S. Office of Strategic Services (OSS), and the outbreak of the Revolution.

Huynh Kim Khanh (1971), in The Vietnamese August Revolution Reinterpreted, reconstructed the course of the Revolution and explained the reasons for its success. However, the study focused mainly on Party leadership and did not address the agency of the masses.

Elmagrahi (2002), in Vietnam 1945–1954: Revolution, Independence, Partition, examined the role of the Viet Minh in leading the people to power, the post-revolutionary situation, and the issue of national partition. The analysis, however, remained at the national level and did not consider the specific role of provincial Party Committees.

Overall, the above works addressed the August Revolution from a broad, nationwide perspective, with an emphasis on the Party's leadership and the role of President Ho Chi Minh. This is also a central theme of the article "The August Revolution of 1945 in Bac Lieu Province: Events and Historical Stature." However, what these studies have not explored is the process of power seizure in specific localities, particularly in Bac Lieu Province.

This article seeks to fill that gap by analyzing how the Revolution unfolded in Bac Lieu, highlighting both the leadership of the provincial Party Committee and the decisive role of the masses.

2. RESEARCH METHODOLOGY

This study employs two primary research methods: the historical method and the logical method.

+ Historical method: applied to reconstruct the process of preparation and the course of power seizure during the August Revolution of 1945, including the mobilization of forces, the revolutionary progression, and the role of the masses.

+ Logical method: used to ensure coherence and consistency in the analysis. At the same time, the study provides evaluations of the strengths and limitations of the revolutionary movement, and compares Bac Lieu with neighboring provinces in terms of timing and forms of power seizure, thereby drawing conclusions about the historical significance of this victory.

Regarding the use of sources and approaches:

+ To apply these methods effectively, the study primarily draws on The History of the Party Committee of Bac Lieu Province, Vol. I (1927-1975). This work, compiled by the Provincial Party Committee of Bac Lieu, documents the struggles of the province during the two resistance wars against the French and the Americans, and serves as a highly reliable source for the research topic.

+ Approach: The study is based on local Party history sources, supplemented with books, newspapers, and related scholarly journals, in order to enrich and deepen the research content.

3. RESEARCH RESULTS

3.1 Overview of the situation of Bac Lieu before the revolution

Bac Lieu is a region with a complex historical formation, shaped through multiple administrative divisions and renamings. In the early eighteenth century, Bac Lieu was merely a district under the Ha Tien prefecture. *"At that time, Ha Tien prefecture comprised four districts: Long Xuyen (present-day Ca Mau), Kien Giang (Rach Gia), Tran Giang (Can Tho), and Tran Di (Bac Lieu)"* (Huynh Minh, 2002, p.12). The province of Bac Lieu was formally established under French colonial rule in 1882, initially consisting of Vinh Loi and Ca Mau districts. *"In 1940, the French colonial administration divided Bac Lieu into four districts - Ca Mau, Gia Rai, Vinh Loi, and Vinh Chau - along with the provincial capital of Bac Lieu. Off the coast of Nam Can (Ca Mau) lay three small islands: Hon Khoai, Hon Chuoi, and Hon Da Bac"* (Steering Committee for the Compilation of the History of the Southern Uprising, 2002, p.335). Present-day Bac Lieu represents only part of the former province, bordered to the north by Can Tho, to the east and northeast by Soc Trang, to the west by Kien Giang, and to the west-southwest by Ca Mau.

Bac Lieu's geographical position has long been favorable for the development of agriculture, aquaculture, and salt production. *"The entire province is flat, without mountains, yet intersected by dense networks of rivers and canals. The lands of Vinh Chau and Vinh Loi are high, contiguous, and adjacent to the fertile alluvial coast, with numerous sandy ridges formed by the southern sea; extending from north to south, this area is highly suitable for cultivation, animal husbandry, and fruit orchards, particularly renowned for its longan"* (Huynh Minh, 2002, pp.25-26).

During the French colonial period, industry in Bac Lieu remained largely undeveloped: *"The Bac Lieu market had only one distillery company employing sixty to seventy workers, along with several rice mills"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, pp.14-15). Overall, despite limited capitalist penetration, the economy of Bac Lieu remained overwhelmingly agrarian under colonial rule.

After the French invasion, along with the rest of the country, the people of Bac Lieu also endured the harsh colonial policies of the French administration. *"The administrative apparatus in Bac Lieu was placed under the command of a French provincial chief: Lamothe de Carrier. Key offices such as the bank, treasury, customs, public works, post office, education, and health services were all headed by the French. District chiefs were held by descendants of the homeowner class who had been francophonized. At the village level, there existed the village council, composed of 12 officials with titles such as senior village elder, landholding notable, scholar-elder, village headman, village administrator, council member, village treasurer, local security officer, village elder, deputy village notable, commune head, and chief registrar"* (Party Committee of Bac Lieu Province, 2002, p.15). Under the colonial–feudal regime, the people of Bac Lieu, like those throughout the country, suffered exploitation and oppression at the hands of the French.

When Japan occupied Indochina, it collaborated with the French to intensify the repression of the Vietnamese people, indirectly contributing to the catastrophic famine of late 1944 and early 1945 in the northern provinces. *"The famine spread across the deltas of the Red River and the Ma River. Children, followed by adults, and ultimately entire families, died of hunger. Faced with the inevitable, villagers from famine-stricken areas set out in search of food, flocking first to local markets and later to provincial towns and cities, where they had heard rice warehouses were located"* (Chieu, 1986, p.289). Although Bac Lieu was not directly affected by the famine, its population, like that of other provinces, suffered from the Franco - Japanese system of oppression and exploitation, serving as a major supplier of low-priced rice.

Resistance against colonial domination emerged early in Bac Lieu. In the late nineteenth century, popular struggles often carried a religious dimension. *"In Bac Lieu, a new form of struggle appeared with the establishment of the Heaven and Earth Society. Initially formed among the Chinese community, this movement bore religious elements while combining mutual aid functions with political activities"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.18). Following the failure of this movement, villagers continued to oppose forced labor conscription, most notably in Hoa Binh - Vinh My. *"On February 25, 1902, more than 150 villagers from Hoa Binh - Vinh My gathered at the communal house to protest against forced road construction labor. They filed petitions demanding shorter workdays, higher wages, and access to medicine. Subsequently, they marched to Bac Lieu to confront the provincial chief and submitted complaints to the Governor of Cochinchina. After two years of sustained resistance, the French authorities conceded to the villagers' demands"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.17). In addition to resisting colonial exploitation, peasants also confronted local landlords. *"In 1925, in Rach Mui hamlet, Tan Hung village (Ca Mau), a struggle erupted involving 500 peasants against homeowner Batesti"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.18).

In general, prior to the establishment of the Communist Party, peasant movements in Bac Lieu arose spontaneously, led by peasants and segments of the petty bourgeoisie. These movements lacked organized leadership, achieved only temporary gains, and were often brutally suppressed. Despite their limitations, they reflected the growing political awareness and determination of the people to resist colonial exploitation and defend their rights.

From 1930, Communist Party cells began to emerge in Bac Lieu. In February 1930, *"the first Party cell was established in Phong Thanh village, Gia Rai district, with comrade Nguyen Van Uong serving as secretary"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.36). During the following years, the party organization expanded: *"Between 1931 and 1935, ten new cells were formed across communes and towns in the province, and notably, a district Party committee was established"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.49). By October 1938, Party networks existed in nearly all districts of Bac Lieu. In response to the demand for unified leadership, and with the approval of the Hau Giang Interprovincial Party Committee, the Bac Lieu Provincial Party Committee was officially established on October 25, 1938. *"It consisted of seven official members, including Bui Thi Truong (Secretary) and Tran Van Đai (Deputy Secretary)"* (Propaganda Department of Minh Hai Provincial Party Committee, 1995, p.66).

3.2 The process of winning the government

After Japan's coup against the French on March 9, 1945, the Provincial Party Committee and the people of Bac Lieu, under the directives of the Central Committee, actively prepared the foundations for an uprising. Based on local conditions and the Party's instructions, the Provincial Party Committee vigorously disseminated the Viet Minh's policies, raising public awareness of the true nature of Japanese fascism. Efforts were made to mobilize and organize different social strata, especially the youth, into revolutionary ranks, and to conduct basic military training in preparation for seizing power once the opportunity arose.

Given favorable circumstances, the Provincial Party Committee unified revolutionary forces to lead the movement. On May 5, 1945, at Tan Bang (Thoi Binh village, Ca Mau district), the Committee for the Reestablishment of the Southern Party convened a conference of representatives from Party cells in the Ca Mau area to establish a provisional leadership body. In July 1945, under higher-level directives, comrades in the Bac Lieu region convened a conference to establish the Provisional Provincial Party Committee of Bac Lieu, assigning cadres to assist localities in building revolutionary forces. At this time, however, Bac Lieu had two parallel provincial committees - the Provisional Provincial Party Committee of the Bac Lieu area and the Provisional Provincial Party Committee of the Ca Mau area - as well as a Liberation Group led by Tran Hoang Cung (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, pp.95-96). Overall, the Party in Bac Lieu laid early groundwork in organization and force-building to seize power immediately following Japan's coup against France.

On August 15, 1945, when Japan surrendered to the Allies, the Provisional Provincial Party Committee of Bac Lieu promptly directed localities in Gia Rai, Vinh Loi and Vinh Chau to prepare forces for power seizure. *"To contribute to leading the people alongside the Party, on August 17, 1945, the Provisional Provincial Party Committee established the provincial Viet Minh Front, with comrade Le Khac Xuong as president and Cao Trieu Phat as vice-chairman"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.96). The provisional committee successfully mobilized manpower and weaponry to ensure a swift takeover of power once the opportunity presented itself: *"The force was nearly the size of a company, equipped with weapons such as pistols and rifles… to directly participate in seizing power"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.97).

The process of seizing power in Bac Lieu province is summarized in the following table:

Date	Location	Form of Action	Outcome
18-20 August 1945	Bac Lieu town football field	Mass rally supporting Viet Minh and calling for power seizure	Boosted revolutionary morale of the people
22 August 1945	Office of the provincial governor	Viet Minh delegation demanded governor Truong Cong Thien hand over power	Refused
23 August 1945	Office of the provincial governor	Viet Minh delegation forced the governor to surrender	Power seized
25 August 1945	Entire province	People's general uprising	Localities successfully took power

Source: Compiled from History of the Party Committee of Bac Lieu, Vol. I (1927-1975).

In general, the people of Bac Lieu succeeded in seizing power rapidly, within just three days (August 23-25, 1945). The province achieved complete liberation on August 25, coinciding with the people of Sai Gon. This victory demonstrated the effective leadership of the Provincial Party Committee in mobilizing the masses - an essential factor in ensuring a peaceful transfer of power in Bac Lieu.

3.3 Comparison with the August Revolution in Soc Trang and Vinh Long Provinces

Locality	Bac Lieu Province	Soc Trang Province	Vinh Long Province
Time	23-25 August 1945	24-26 August 1945	25-28 August 1945
Form	Mainly mass uprisings; the movement unfolded rapidly and peacefully without bloodshed	Demonstrations, mobilizing the collective strength of the masses	Political struggle combined with armed struggle, relying on the power of the masses
Slogans	"Long live the Viet Minh Front!", "Power to the people!"	"Long live independent Vietnam!", "Power to the people!"	"Long live independent Vietnam!", "Long live the Viet Minh!"
Outcome	Victory		
Significance	A resounding victory of the Provincial Party Committee and the people after 15 years of persistent struggle. The revolution overthrew the colonial-feudal regime, regained independence and self-determination for the people, and enabled them to become masters of their homeland. It also contributed to the overall success of the nationwide August Revolution and the struggle for national liberation and reunification.		

Source: Compiled from History of the Party Committee of Bac Lieu, Vol. I (1927-1975); History of the Party Committee of Soc Trang, Vol. I (1930-1954); History of the Party Committee of Vinh Long (1930-2010).

This article selects the revolutionary movement in Soc Trang as a point of comparison because the two provinces are adjacent and share close relations. The comparison emphasizes that, relative to neighboring provinces, the Provincial Party Committee and the people of Bac Lieu demonstrated greater initiative. In addition, Vinh Long is included due to its distinct history of formation and earlier tradition of resistance. While Bac Lieu was a newly established land, Vinh Long was created under the Nguyen dynasty: *"In the thirteenth year of Emperor Minh Mang (1832), Vinh Thanh prefecture was renamed Vinh Long prefecture, marking the beginning of the name Vinh Long"* (Provincial Party Committee of Vinh Long, 2015, p.18). Moreover, Vinh Long possessed an early tradition of struggle. This comparison serves to highlight differences in the timing of power seizure in several southern provinces while affirming that each locality played a significant role in the overall national victory.

From comparative analysis, it can be seen that the revolutionary process in Bac Lieu began earlier, proceeded more rapidly, and was more favorable. Although Soc Trang also seized power within three days, its timing was later than that of Bac Lieu; specifically, Soc Trang's uprising began only after Bac Lieu had already taken control of its provincial capital. In Vinh Long, the seizure of power occurred even later: only after Bac Lieu had completed its struggle and Soc Trang had reduced enemy control to small pockets did the Party Committee of Vinh Long initiate its movement. In terms of methods, the people of Vinh Long combined both political and armed struggle, whereas the people of Bac Lieu and Soc Trang relied primarily on political strength. In all cases, however, success depended on the collective power of the masses.

This comparison affirms the proactive role of the Provincial Party Committee and the people of Bac Lieu, who seized power earlier and more swiftly. This distinct characteristic of Bac Lieu's revolutionary movement reflects the outcome of long-term preparation and training under the leadership of the Provincial Party Committee.

3.4 Some Remarks

3.4.1 Characteristics

The seizure of power in Bac Lieu was achieved rapidly through flexible political struggle without the use of armed force. With high revolutionary enthusiasm and careful preparation under the leadership of the Provincial Party Committee, the people compelled local authorities to surrender. *"Faced with our determination, the district chief of Ke was forced to hand over power to the District Liberation Committee of Ca Mau on the afternoon of August 25, 1945. Thus, from August 23 to August 25, 1945, power from the provincial to grassroots levels in Bac Lieu fell into the hands of the people"* (Huynh Kim Gia, 2017, p.2). Within three days, power was secured without casualties, representing a major strength of the revolutionary process in Bac Lieu and a valuable lesson to preserve and promote.

The movement was marked by initiative. Based on the Central Party's directive "Japan-France at war" and local realities, Party members in Bac Lieu prepared the necessary conditions for revolution. The Provisional Provincial Party Committee established the Viet Minh Front to lead the masses: *"The Provincial Party Committee decided to put forward a public body to confront the enemy in the name of the Viet Minh Front"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.96).

The masses played a decisive role in revolutionary victory. During the 1930 - 1931 high tide, under Party leadership, Bac Lieu's people actively participated: *"In Ca Mau and Gia Rai, to support the Nghe Tinh Soviets, Party cells distributed leaflets and slogans opposing repression, demanded protection of patriotic activists, protested excessive rents and taxes, called for land redistribution, and supported the Red Nghe An"* (Propaganda Department of Minh Hai Provincial Party Committee, 1995, p.41). This mass mobilization created overwhelming pressure, forcing enemy authorities to capitulate without armed confrontation. *"Confronted by the revolutionary tide, Governor Truong Cong Thien was forced to surrender, declaring that from this moment, provincial power belonged to the revolution and the people"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, pp.100-101).

Buddhist clergy also made significant contributions. Figures such as Venerable Hue Vien (Chau Vien Pagoda), Monk Nguyet Chieu (Vinh Duc Pagoda), and Venerable Chi Hieu (Long Phuoc Pagoda) provided material and logistical support. Pagodas served as bases for revolutionary forces, supply centers, and meeting venues. *"Before marching into Bac Lieu during the 1940 Southern Uprising, Tran Van Som's troops were stationed at Giac Hoa Pagoda, which provided rice, medicine, and shelter for revolutionaries"* (Thich Nhat Tu, 2020, pp.48-49). These contributions highlight the indispensable role of religious leaders in fostering the great unity of the people across ethnic and religious lines for the common cause of national independence.

Despite these strengths, limitations remained. At the time, two separate provincial committees coexisted - Bac Lieu and Ca Mau - due to disrupted communication and the dispersal of forces after the failed Southern Uprising. *"After the unsuccessful Southern Uprising, various groups emerged, all with the goal of expelling the Japanese and French to seize power. The people actively joined whichever organization took the lead"* (Provincial Party Committee of Bac Lieu, 2002, p.92). Although leadership was fragmented, the shared goal of national independence united the people, enabling them to overcome divisions and secure victory.

3.4.2 Nature

Class character: This was reflected in the overthrow of the feudal homeowners and the redistribution of land to peasants. At the time, in Bac Lieu, homeowners had seized vast tracts of land from the people: *"Colonialists such as Arborati in Gia Rai, Batinti in Ca Mau, Duillemet in Khanh Binh, Campro, Micliel… along with local homeowners such as Tran Trinh Trach (145,000 hectares of rice fields and 10,000 hectares of salt fields), Vuu Tung (75,000 hectares), and Chau Oai (40,000 hectares)"* (Propaganda Department of Minh Hai Provincial Party Committee, 1995, p.21). The revolution thus toppled feudal landlord domination, redistributed land to peasants, and restored both livelihood and autonomy to the people.

National character: The victory of the people of Bac Lieu contributed to the broader triumph of the Vietnamese nation. Aimed at overthrowing imperialism and feudalism, the movement enabled the people to rise from the status of colonial subjects to national masters. This national character was demonstrated by the unity of all people in Bac Lieu, regardless of ethnicity or religion, in joining the revolutionary ranks.

International character: The success of the August Revolution in Bac Lieu, and in Vietnam as a whole, aligned with the victories of democratic forces worldwide in defeating fascism and safeguarding global peace. Through their sacrifices in 1945, the Vietnamese people also contributed to the broader struggle that vanquished fascism globally, including Japanese fascism in Indochina.

"The August Revolution marked the end of foreign domination in Vietnam, placing political power in the hands of the Vietnamese people" (Huynh Kim Khanh, 1971, p.782).

3.4.3 Lessons Learned

Mobilizing the strength of the entire people: The masses were the decisive force in the success of the revolution; therefore, harnessing popular strength is essential. As Ho Chi Minh emphasized: *"Nothing is as precious as the people. Nothing in the world is stronger than the power of the people… The people are the root. Ten times easier without the people is impossible; ten times harder with the people will still succeed"* (Trung Kien, 2015, pp.3–5). This principle, coupled with the practice of the people of Bac Lieu, demonstrates that the people are the backbone of revolution. Leaders must therefore stay close to the people, understand their needs, and improve their livelihoods to ensure loyalty and determination in defending national independence.

Grasping the opportunity to seize power: When news of Japan's surrender to the Allies arrived, the Provincial Party Committee swiftly mobilized the masses, capitalizing on the enemy's weakening grip. *"During the preparation and execution of the August Revolution, our Party skillfully exploited enemy weaknesses, fully utilized contradictions, and isolated the principal adversary to create conditions for seizing and consolidating power"* (Tran Thi My Ngoc, 2016, p.108). This timely use of mass strength ensured rapid success.

Promoting great national unity: As Ho Chi Minh affirmed, "Our people have a deep patriotism, a precious tradition of the nation." Such patriotism can only reach its fullest strength through unity. Unity has always been the foremost task, forming the decisive force in both national liberation and nation-building. The triumph of the August Revolution exemplifies this. *"History teaches us this lesson: Whenever our people are united, the country is independent; whenever our people are divided, foreign invaders prevail"* (Nguyen Quang Hoa & Duong Thai Ngoc, 2011, pp.45–51). *"Over two millennia, Vietnamese resilience aginst foreign invasions - despite overwhelming odds - has proven the decisive power of unity"* (Elmagrahi, 2002, p.3). *"The coordinated uprisings in Ha Noi, Hue, Sai Gon, and across the provinces reflected this national solidarity"* (Le Hau Man, 2013, pp. 3-11). As Edward Tayloe Wise (1991, p.51) noted, from the earliest days of the Viet Minh, nationalism – more than Marxism – Leninism was the key factor in mobilizing the masses and building the revolutionary movement.

3.4.4 Historical Significance

The August Revolution in Bac Lieu stands as clear evidence of the maturity of the local revolutionary movement. Under the leadership of the Provincial Party Committee, the people overthrew the colonial puppet administration and restored power to the masses. This success reflected both effective leadership and the strength of people's unity, consolidating revolutionary authority and thwarting colonial ambitions. It also highlighted the patriotic spirit and resilience of the people, with significant support from local Buddhist clergy.

The event underscored the enduring power of national unity - a core historical value throughout Vietnam's revolutionary process. It was not only a source of pride for the Party Committee and the people of Bac Lieu but also a valuable lesson on the strength of solidarity. Ultimately, the victory affirmed the correctness of Party leadership and the determination of the people, establishing them as rightful masters of their homeland and nation.

4. CONCLUSION

This article contributes to the study of the process and significance of the August Revolution in Bac Lieu a province in the Mekong Delta region, where in-depth research on local circumstances during the 1945 Revolution remains relatively limited. The paper provides readers with a new and more concrete perspective on the leadership role of the Provincial Party Committee and the tremendous strength of the people of Bac Lieu in particular, and of the Mekong Delta in general, in the struggle for independence.

Furthermore, it highlights the distinctive feature of Bac Lieu's bloodless seizure of power-a great source of pride for its people. In practical terms, the findings of this study can be integrated into the local education curriculum, helping to instill political awareness and patriotism among today's younger generations. Through the historical events revisited in this article, students may gain a deeper appreciation and pride in their revolutionary traditions.

Beyond its educational significance, this study also provides a valuable reference for highlighting the distinctive historical and cultural identity of Bac Lieu, thereby contributing to the promotion of the province and its people within both domestic and international contexts. Although relatively small in size, Bac Lieu is distinguished by its proud revolutionary tradition, marked by resilience and indomitable spirit.

In short, the August Revolution in Bac Lieu unfolded rapidly and relatively smoothly. This outcome was achieved thanks to early preparation of revolutionary forces, the leadership of Party Committees at all levels, and the persistent and resilient struggle of the people. The victory offers important lessons, particularly on mobilizing the strength of the entire population and ensuring close cooperation between the Party and the masses. The triumph of the people of Bac Lieu significantly contributed to the resounding nationwide victory of the August Revolution, opening a glorious chapter in national history-the era of independence and freedom, in which the Vietnamese people became the true masters of their own destiny.

References

1. Provincial Party Committee of Bac Lieu. (2002). History of the Party Committee of Bac Lieu, Vol. I (1927–1975). Bac Lieu.

2. Propaganda Department of the Minh Hai Provincial Party Committee. (1995). History of the Party Committee of Minh Hai (1930-1975). Mui Ca Mau Publishing House.

3. Chieu, V. N. (1986). The other side of the 1945 Vietnamese revolution: the empire of Viet-Nam (March–August 1945). The Journal of Asian Studies, 45(2), 293–328.

4. Elmagrahi, M. A. (2002). Vietnam 1945–1954: Revolution, independence, partition (No. 23).

5. Gia, H. K. (2017). Bac Liêu seizing power in the August Revolution of 1945. Tri Thuc Bac Lieu Journal, 35, 1–2.

6. Han, L. M. (2013). The August Revolution of 1945 – A successful model of national uprising. Journal of Party History, 8, 3–11.

7. Hoa, N. Q, & Hoc, D. T. (2021). Nguyen Ai Quoc's direct leadership of the revolution: Preparing conditions for the victory of the 1945 August Revolution. Journal of Party History, 44–51.

8. National Steering Committee for the Compilation of the History of the Southern Uprising. (2002). History of the Southern Uprising. National Political Publishing House.

9. Kien, T. (2015). The August Revolution and the Party's mass mobilization work in Ho Chi Minh's thought. Journal of Mass Mobilization, 8(242), 3–5.

10. Khanh, H. K. (1971). The Vietnamese August Revolution reinterpreted. The Journal of Asian Studies, 30(4), 761–782.

11. Minh, H. (2002). Bac Lieu in the past. Thanh Nien Publishing House.

12. Ngoc, T. T. M. (2016). The significance and great stature of the August Revolution of 1945 in national history. Đong Thap University Journal of Science, 18, 105–111.

13. Tu, T. N. (Ed.). (2020). Buddhism in Southern Provinces and Cities. Hong Đuc Publishing House.

14. Tuyet, T. T. M. (2019). Humanity of the 1945 August Revolution in Vietnam. Bulletin of Science and Education, (20-2 (74)), 30–36.

15. Wise, E. T. (1991). Vietnam in turmoil: The Japanese coup, the OSS, and the August Revolution in 1945. University of Richmond.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MEDIA AND DEMOCRATIZATION IN NIGERIA: ROLES, CHALLENGES, AND PROSPECTS

Musa Alhassan
Department of Mass Communication, Ahmadu Bello University

Aliyu Dalha Kankia Ph.D
Department of Political Science, And International Studies, Ahmadu Bello University

Abstract
The media has historically served as a vital instrument for political communication, public enlightenment, and accountability, particularly during Nigeria's transitions from military to civilian rule. However, despite its potential as a watchdog and civic educator, the media continues to face multifaceted challenges that hinder its democratic functions. These include political interference, ownership bias, financial constraints, censorship, inadequate professional training, and threats to press freedom. Drawing on democratic-participant media theory and the concept of the public sphere, the paper analyzes how the media can foster inclusive dialogue, mobilize citizen participation, and promote transparency in governance. The study concludes that while media has played significant roles in fostering democratic values and civic engagement, persistent challenges such as threats to press freedom continue to undermine its effectiveness. The study recommends policy support, professional capacity building, and media pluralism as essential strategies for enhancing the media's role in Nigeria's democratic consolidation, review repressive laws and promote freedom of information and expression. Others are strengthen ethical standards, training, and capacity-building for journalists, support community media and local language broadcasting, invest in digital literacy programs to counter misinformation and finally reduce political interference in state-owned media and encourage independent regulatory bodies.
Keywords: Media, democratization, Nigeria, press freedom, democracy, civic engagement.

Introduction
Democratization is the process through which a society, political system, or state transits from an authoritarian or non-democratic form of governance to a democratic one. Key features of democratization include transparency and accountability in governance, respect for citizens rights, press freedom, free and fair elections, rule of law, separation of powers between executive, legislative, and judiciary, citizens active involvement in political decision-making. Sadly, researches have shown that these lofty values are yet to be fully achieved in Nigeria.
One of the primary roles of the media in Nigeria's democratization is facilitating public debate and offering a platform for diverse voices. Media independence is crucial for forming public opinion and holding corrupt officials accountable. Social media, in particular, has emerged as a powerful tool for advancing democracy and good governance, enabling electioneering campaigns, monitoring election conduct, and disseminating results. It also serves as a medium for whistleblowing against corruption. Furthermore, the mass media plays a significant role in shaping public perception of electoral reforms, which are essential for credible elections. The media's agenda-setting function is vital in correcting electoral fraud and enhancing Nigeria's democratic image (Akpojivi, 2014).

The rise of new media and social media presents both opportunities and challenges. While social media can promote political communication and democratic processes. It also poses risks such as the spread of disinformation, cyberbullying, and hate speech, which can undermine democracy. Trust in news media for political information is also a concern, particularly with the emergence of non-mainstream media (Morah & Uzochukwu, 2020).

Globalization and technological advancements further complicate the media landscape in Nigeria. Media convergence, driven by new media technologies, has altered journalism practices, requiring journalists to adapt to new tools and techniques. The switch from analog to digital broadcasting presents both challenges and prospects, necessitating government and stakeholder support to ensure its success (Ikpe & Olise, 2010). New media technologies offer opportunities for political advertising and communication, but also pose challenges in managing information and maintaining credibility (Asemah & Edegoh, 2012).

To enhance the media's role in Nigeria's democratization, several prospects can be explored. Media education is essential to combat political apathy and promote active participation in the political process. Promoting media literacy and fact verification is crucial to overcoming disinformation and ensuring citizens make informed decisions. Peace and conflict-sensitive journalism can play a vital role in peacebuilding, particularly in a country facing security challenges. Encouraging responsible use of social media and addressing the challenges of media ownership are also critical steps (Omenugha & Uzuegbunam, 2015).

Despite these significant roles, the Nigerian media face numerous challenges in discharging the above functions such as:

Influence of Media ownership, poor professional training, political and economic pressures which often undermine its role in good governance.

These paper therefore tries to identify, explain and profer solutions to these new challenges facing media in their effort towards sustainable democratization of Nigeria

<

Study Objectives

1. To examine the various way media promote sustainable democracy in Nigeria.
2. To identify and analyze the new challenges hindering the media's effectiveness in fostering democratic values
3. To explore strategies for enhancing the media's contribution to sustainable democracy in Nigeria
4.

Theoretical Framework

The study is anchored on two theories i.e. Public Sphere Theory and Democratic-Participant Media Theory to explain the relationship between the media and democratization in Nigeria.

Public Sphere Theory

Jürgen Habermas' concept of the *public sphere* (1962) explains how media enables rational-critical debate among citizens. A democratic society requires a media system that promotes public discourse, where individuals can form opinions and influence governance. **The Public Sphere Theory** suggests that media platforms serve as arenas for public debate, essential for participatory governance (Habermas, 1962). According to Habermas, an **ideal public sphere** is:

a. Open to all citizens,
b. Free from state or economic coercion, and
c. Oriented toward rational-critical debate.

In this sphere, mass media plays a central role by providing access to information, enabling public discourse, and mediating between the people and the state in the following ways:

a. Media as the Facilitator of the Public Sphere

In Nigeria, the media theoretically serves as the modern public sphere, offering a platform for citizens to engage in democratic discourse. Talk shows, opinion columns, social media platforms, and investigative reports provide avenues for public deliberation, especially on governance, policy, elections, and accountability. This aligns with the normative function of the media in a Habermasian public sphere—acting as an intermediary that encourages rational-critical debate (Oso, 2021).

b. Media's Role in Strengthening Democracy

The media's facilitation of civic education, electoral awareness, and exposure of corruption helps to strengthen democratic culture in Nigeria. For instance, during electoral cycles, radio and television programs, along with online platforms, serve as arenas for political debates and citizen engagement, allowing Nigerians to question authority and contribute to political discourse (Uche & Ngomba, 2019).

The major assumption of this theory is that the media, when independent and accessible, enhances participatory democracy**.**

Democratic-Participant Media Theory

According to McQuail (1987), this theory advocates for media that are pluralistic, decentralized, and reflective of community voices. It aligns with the demand for participatory democracy in Nigeria's multicultural society, emphasizing grassroots engagement and local journalism. Democratic-Participant Theory emphasizes local, citizen-centered communication that supports inclusivity and decentralization (McQuail, 2010).

Media Theory offers a transformative framework for understanding how media can better serve the public and strengthen democracy. Key assumptions of the theory include:

a. Media as a Participatory Platform

The theory's emphasis on active citizen participation in media aligns with the ideal of a democratic public sphere in Nigeria. For democracy to thrive, the media must go beyond elite voices and engage grassroots populations such as students, women, rural dwellers, youth, and minorities in policy debates and civic education (Oso, 2021). This participatory approach supports inclusive governance and helps close the gap between leaders and the people.

b. Community and Indigenous Media

Nigeria's democratization effort can benefit from community radio and local-language newspapers that reflect local issues and perspectives. These align with the theory's goal of media pluralism and local content generation. Community media in Nigeria has proven effective in increasing political participation at the local level, especially in rural communities where mainstream media have little reach (Asemah, 2011).

c. Decentralization and Media Autonomy

Democratic-participant theory critiques state monopoly and commercial concentration, which are both prevalent in Nigeria. Many media outlets are owned or influenced by political elite**s**, resulting in selective coverage and editorial bias (Omenugha & Uzuegbunam, 2015).

The theory advocates for independent, community-driven media free from both market and state control—an ideal yet to be fully realized in Nigeria's media landscape.

Literature Review

Historical Overview of Media and Democracy in Nigeria

A fundamental pillar of democracy is the press, or the media, which acts as the interface between leaders and the public. Politicians deliver their manifestos and campaign messages to the public mainly through the media, while the public provides their feedback to politicians and leaders via the same channel. This emphasizes the importance of the press in a democratic dispensation, which is often referred to as the fourth estate of the realm.

Dahl (1989) defined democracy as '…a system of government that not only allows but actively encourages the public participation of citizens in political processes through free and fair elections, civil liberties, and institutional accountability.' Another compelling definition is provided by Diamond (1999), describing it as '…a system of government in which the people choose their leaders through regular, free and fair elections; enjoy civil liberties; and have institutional mechanisms to hold power-holders accountable.' The media is one of the institutional mechanisms used for reaching and holding power-holders accountable.

From the nationalist press of the early 20th century to radio and television's role in post-independence politics, Nigerian media has always intersected with political development. During military regimes (1966–1999), the media faced repression, censorship, and outright bans. Yet, it remained a tool of resistance, as seen in the roles played by *The Guardian*, *Tell Magazine*, and *Newswatch* (Oso, 2012). Since 1999, the return to civilian rule has expanded the media landscape. The liberalization of broadcasting and the emergence of digital media have amplified citizen voices and access to political information (Akinfeleye, 2003).

Democracy thrives on access to information, freedom of expression, and citizen participation—all of which are facilitated by a vibrant and independent media. In Nigeria, the media has historically played a pivotal role in shaping political discourse, exposing corruption, advocating for human rights, and serving as a watchdog against government excesses. However, the journey has been fraught with challenges ranging from political interference and economic constraints to digital disruption and regulatory bottlenecks. This conceptual review explores the roles, challenges, and future prospects of the media in Nigeria's democratization process.

The Role of Media in Democratization

The media plays a fundamental role in democratization by acting as a bridge between the government and the governed, facilitating informed citizen participation, and serving as a watchdog over power. In emerging democracies like Nigeria, the media supports democratic consolidation by promoting transparency, accountability, and civic engagement (Ojebode, 2013). It provides a platform for diverse political opinions and helps shape public discourse, thereby contributing to the formation of an informed electorate (McQuail, 2010).

One of the media's most vital contributions is its watchdog function, where investigative reporting exposes corruption, human rights abuses, and electoral fraud, thereby enhancing public scrutiny of those in power (Coronel, 2003). Additionally, the media fosters democratic culture by educating citizens on their rights and responsibilities, and by providing coverage of political processes such as elections and legislative debates (Norris, 2006).

However, the effectiveness of the media in promoting democratization depends on its freedom, independence, and professionalism. Media captured by political or commercial interests may hinder democratic progress. Thus, a pluralistic, independent, and ethically grounded media landscape is essential for genuine democratization.
The media plays a multiplicity of roles in the democratization process of Nigeria. It functions as:

a. Watchdog of Democracy
The media serves as a check on government power by investigating and reporting on abuses, corruption, and maladministration (Omenugha & Uzuegbunam, 2015). Investigative journalism in particular helps hold political actors accountable, thereby reinforcing democratic norms.

b. Platform for Public Discourse
Media provides a forum for debate and dialogue, enabling citizens to express opinions, engage with policy issues, and participate in political decision-making. This is central to fostering an informed electorate and participatory democracy (Oso, 2021).

c. Mobilization and Advocacy Tool
During Nigeria's transitions from military to civilian rule, the press was instrumental in mobilizing public opinion against authoritarianism. The media also advocates for reforms and social justice, reinforcing its role in democratic consolidation.

d. Electoral Education and Monitoring
Media educates voters on political parties, electoral processes, and their civic duties. It also plays a monitoring role during elections by exposing malpractice and providing real-time updates, which enhances electoral transparency (Uche & Ngomba, 2019).
However, the extent to which the media fulfills these roles depends on its independence, professionalism, and freedom from censorship. A pluralistic and free media environment is therefore essential for ensuring that public discourse remains vibrant, inclusive, and constructive. Studies show that effectiveness of the media in promoting democratization depends on the degree of its freedom, independence, and professionalism. Meaning the higher the press freedom, the high the accountability and good governance.

Challenges Facing Media in Nigeria's Democratic Process
Despite its contributions, the Nigerian media is burdened by several systemic and operational challenges:

a. Political and Ownership Influence
Media ownership in Nigeria is often concentrated in the hands of political elites, compromising objectivity and editorial independence. This ownership pattern encourages selective agenda-setting and coverage bias, which undermines democratic values (Ojo, 2003).

b. Legal and Regulatory Constraints
Although freedom of the press is constitutionally guaranteed, journalists often face harassment, arrests, or censorship under vague laws such as the Cybercrimes Act and Official Secrets Act. This creates a climate of fear and self-censorship (Soyinka & Musa, 2022).

c. Economic Pressures
Low salaries, poor funding, and advertiser influence often force media outlets to prioritize sensational or entertainment content over serious political reporting. This commercial orientation compromises the media's democratic functions (Adeyemi, 2020).

d. Digital Disruption and Misinformation
The rise of social media has democratized content production but also led to the proliferation of fake news, hate speech, and political misinformation. This not only erodes public trust in the media but also threatens national cohesion (Olojede, 2024; Warin, 2024).

Prospects for Strengthening Media's Role in Democratization
Despite these challenges, there are numerous opportunities to enhance the media's contribution to democracy in Nigeria:

a. Media Literacy and Education
Promoting media literacy among the populace can help counteract misinformation and foster critical engagement with political content. It also empowers citizens to hold media accountable (Dewi & Elfiandri, 2024).

b. Policy and Legal Reform
Reforming media laws to ensure press freedom and protect journalists from arbitrary detention is essential. Clearer legal definitions and better enforcement of rights will foster a more enabling environment for the media.

c. Technological Innovation and Capacity Building
Training journalists in digital tools and investigative methods can improve content quality. Media convergence offers opportunities for cross-platform storytelling and broader reach (John et al., 2023).

d. Sustainable Funding Models
Developing alternative funding sources such as public interest journalism funds, donor grants, and CSR-aligned advertising can reduce dependence on politically motivated advertisers and enhance editorial independence (Asemah & Edegoh, 2012).

e. Institutional and Editorial Autonomy
Encouraging internal media reforms, including clearer editorial guidelines and accountability mechanisms, can strengthen independence from ownership and commercial pressures (Ikpe & Olise, 2010).

Conclusion
The media in Nigeria remains a vital actor in the country's democratic journey. While its role as a watchdog, educator, and mobilizer is well established, persistent challenges continue to limit its effectiveness. The media remains indispensable to Nigeria's democratic journey as it provides a voice for the people, checks on power, and facilitates dialogue. However, for the media to function effectively in consolidating democracy, issues of independence, professionalism, and digital responsibility must be urgently addressed. A truly democratic Nigeria requires a truly free and accountable media.

Strengthening Nigeria's democracy will depend on protecting press freedom, promoting ethical journalism, and ensuring equitable access to media platforms. A robust and independent media is essential for informed citizenship and accountable governance. A vibrant and independent media serves as major precondition for modern democracy as it is a catalyst for citizens participation in politics.

Addressing issues such as political interference, poor funding, legal threats, and misinformation is essential to sustaining the gains of democratization requires targeted reforms, capacity building, and strategic partnerships. By addressing these challenges and leveraging new opportunities, the media can continue to serve as a vital instrument for promoting democracy, transparency, and accountability.

Recommendations

1. Review repressive media laws to promote freedom of information and expression.
2. Editorial independence - Journalts freedom to make decisions
3. Training, and capacity-building for journalists.
4. Support community media and local language broadcasting.
5. Invest in digital literacy programs to counter misinformation.
6. Reduce political interference in state-owned and private media
7. Encourage and strengthen regulatory bodies such as NBC, NPC, APCON, etc. to ensure compliance by media organizations
8. Avoid over reliance on government and politicians for revenue generation - Solicit for financial support from international donors

References

Adeyemi, A. (2020). *The Cost of Truth: Challenges Facing Investigative Journalists in Nigeria*. African Journalism Studies, 41(2), 134–150.

Agbaje, A. (1992). *The Nigerian Press, Hegemony, and the Social Construction of Legitimacy, 1960–1983*. University of Ibadan Press.

Akinfeleye, R. (2003). *Fourth Estate of the Realm or Fourth Estate of the Wreck: Imperative of Social Responsibility of the Press*. University of Lagos Press.

Akpojivi, U. (2014). Democratising the media in the new democracies of Ghana and Nigeria: Challenges and prospects. Ecquid Novi: African Journalism Studies, 35(2), 1-15

Alozie, E. C., & Okoro, N. (2022). "Press Freedom in Nigeria's Digital Era: Revisiting the Twitter Ban and its Democratic Implications." *African Journalism Studies*, 43(3), 240–257.

Asemah, E. S., & Edegoh, L. O. (2012). New Media and Political Advertising in Nigeria: Prospects and Challenges. African Research Review, 6(5), 1-20 (Asemah & Edegoh, 2012).

Coronel, S. S. (2003). *The Role of the Media in Deepening Democracy*. NGO Media Outreach: Conference Paper.

Dahl, R. A. (1989). *Democracy and its Critics*. Yale University Press.

Dewi, F., & Elfiandri, E. (2024). *Media literacy and fact verification in combating political misinformation*. Journal of Media Studies, 12(1), 55–6.

Diamond, L. (1999). *Developing Democracy: Toward Consolidation*. Johns Hopkins University Press.

Habermas, J. (1962). *The Structural Transformation of the Public Sphere*. MIT Press.

Howard, P. N., & Hussain, M. M. (2013). *Democracy's Fourth Wave? Digital Media and the Arab Spring*. Oxford University Press.

Idowu, L. (2018). *Media and Elections in Nigeria: The Role of Communication in the Democratization Process*. Centre for Media Law and Development.

Ikpe, E. H., & Olise, F. P. (2010). The era of new media technologies and the challenges of media relations practice in Nigeria. *Journal of Communication*, 1(2), 59–68. McQuail, D. (2010). *McQuail's Mass Communication Theory* (6th ed.). Sage Publications.

John, T., Musa, R., & Okeke, I. (2023). *Media convergence and the transformation of journalism in Nigeria*. Journal of New Media Studies, 8(1), 33–47.

McQuail, D. (2010). *McQuail's Mass Communication Theory* (6th ed.). Sage Publications.

McQuail, D. (1987). *Mass Communication Theory: An Introduction* (2nd ed.). Sage Publications.

Morah, D. N. & Uzochukwu, C. E. (2020). *Social media use and political communication challenges among selected entrepreneurs in Nigeria.* Nnamdi Azikiwe University Journal of Communication & Media Studies, 1(2).

Norris, P. (2000). *A Virtuous Circle: Political Communications in Postindustrial Societies*. Cambridge University Press.

Oduntan, G. (2020). "Nigeria's Cybercrimes Act and Press Freedom: A Critical Appraisal." *African Journal of Legal Studies*, 13(2), 155–174.

Ojo, T. (2003). *Media ownership and agenda-setting in Nigerian democracy*. African Media Review, 11(1), 23–45.

Okoye, A. (2022). "Digital Authoritarianism and the Nigerian State: A Study of the Twitter Ban." *Journal of African Media Studies*, 14(1), 45–63.

Olayiwola, R. A. (2019). "Fake News and Its Implications for Democratic Governance in Nigeria." *International Journal of Media and Information Literacy*, 4(2), 123–132.

Olojede, I. (2024). *Social media risks and political misinformation in Nigeria*. Global Media Journal, 14(2), 101–117.

Omenugha, K. A. & Uzuegbunam, C. E. (2015). *Exploring the ethical challenge of media ownership: Is Nigerian media's role in good governance possible?* Journal of Applied Journalism & Media Studies, 4(3), 397–415. https://doi.org/10.1386/ajms. 4.3.397_1

Oso, L. (2021). *Newsroom politics and the challenges of investigative reporting in Nigeria*. Journal of African Media Studies, 13(3), 275–292.

Oso, L. (2012). *Press and Politics in Nigeria: On Whose Side?* LASU Press.

Soyinka, K., & Musa, R. (2022). *Protecting press freedom through policy: A Nigerian perspective*. Media Policy Review, 9(1), 30–48.
Uche, L. U. (1989). *Mass Media, People, and Politics in Nigeria*. Concept Publications.

Warin, B. (2024). *Digital threats to democracy: Fake news and online radicalization in Africa*. Democracy and New Media Review, 6(1), 12–26.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PREDICTION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF PC/PBT BLENDS REINFORCED WITH CARBON BASED NANOFILLERS USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Assoc. Prof. Dr. Tuba ÖZDEMİR ÖGE
Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Basic Sciences
ORCID: 0000-0001-6690-7199

ABSTRACT
The present work aims to predict the electrical conductivity of polymer nanocomposites, comprising polycarbonate-poly(butylene terephthalate) (PC-PBT) blend as the matrix material; and graphene nano-platelets (GNPs), multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) and hybrid nanofillers (GNP+MWCNT) as the carbon based nanofillers, produced via melt compounding, extrusion and molding techniques, using machine learning algorithms. The electrical conductivity values obtained from the conductivity measurements were trained using five machine learning algorithms, namely Support Vector Regression (SVR), Decision Tree (DT), Extreme Gradient Boosting (XGB), K-Nearest Neighbor (KNN) and Lasso to evaluate and compare their prediction performance. The nanofiller types and wt. % reinforcement ratios (0.5, 1, 3, 5 and 7 wt. %) were used as the input parameters adding up to a total of 15 observation points, whereas the electrical conductivities in S/m were used as the output parameters in the trained dataset. The prediction accuracies of the used models were evaluated via performance metrics, namely coefficient of determination (R^2), mean absolute error (MAE) and root mean square error (RMSE). Among all machine-learning models, XGB outperformed the other algorithms in terms of prediction accuracy with R^2, MAE and RMSE values of 0.95, 0.009 and 0.021, respectively via its robust boosting and regularization capabilities by modelling both abrupt increases and gradient increments even in small datasets. On the other hand, KNN (R^2=0.74) and Lasso (R^2=0.69) exhibited the weakest prediction performances due to sparse neighbors in small datasets, and their inability to model complex behaviors.
Keywords: Machine Learning; Polymer Nanocomposites; Electrical Properties.

INTRODUCTION
Polymer nanocomposites can be simply defined as materials that consist of one or more polymer matrices and nanometer sized fillers (also referred to as nanofillers) in small amounts, commonly a few wt. % of the overall composite (Sundarram et al., 2015). In recent decades, polymer nanocomposites have attracted interest from various industries and research fields due to their capability to compete with a wide range of materials in various aspects including weight-strength ratio, cost efficiency, flexibility in manufacturing, adaptability to Industry 4.0 technologies such as additive manufacturing (Shelly et al., 2024). In this regard, a vast number of studies have been conducted on enhancement of various polymer properties via nanofiller addition, including mechanical (Tjong, 2006), tribological (Chan et al., 2021), thermal (Yesaswi et al., 2022), electrical (Lopes et al., 2025), optical (Rakesh, 2022) etc. characteristics.

Among a wide range of nanofiller materials, carbon-based nanofillers such as carbon nanotubes (CNTs), carbon black (CB), graphene nanoplatelets (GNPs), etc, have been commonly employed as reinforcement for polymer nanocomposites due to the excellent physical and mechanical properties they provide for the matrix material as a result of the significantly large interfacial area between matrices and nanofillers owing to their high aspect ratio (Fu et al., 2019; Sharma et al., 2023). Particularly, CNTs and GNPs have high potential to improve the electrical conductivity of polymers as they readily establish a conductive network above certain concentrations through electron tunneling, an interaction between the electrons in a conductor with the electric field arising from adjacent conductors (Haghgoo et al., 2025). A vast number of experimental and theoretical studies have been conducted on enhancement of the electrical conductivity of polymer nanocomposites using carbon based nanofillers. Zare and Rhee (2020) attempted to calculate the percolation threshold, nanofiller's effective volume fraction as well as the portion of the percolation filler via interphase and CNT waviness, and they concluded that the highest conductivity was enabled by thinnest and longest nanofiller and the thickest interface (Zare & Rhee, 2020). In another theoretical work, Ahmad et al. (2024) studied analytical modeling of CNT-filled polymer nanocomposites' electrical conductivity, and reported that, reduced nanofiller lengths resulted in a decrease in effective electrical conductivity as a result of the decrease in the number of available conductive pathways (Ahmadi & Saxena, 2025). Naim and Muntaser (2025) attempted to improve the dielectric and electrical characteristics of polyvinyl chloride/poly(methyl methacrylate) (PVC/PMMA) blends via introducing GNPs for energy storage applications and reportedly they achieved significant enhancement in dielectric constant, and a property change from insulating to conducting by increasing the GNP content (Al Naim & Al-Muntaser, 2025).

Machine learning (ML) is defined as a statistical approach of data in artificial science that investigates and derives inferences from historical data and employs a wide range of algorithms to answer a variety of questions related to the data (Algren et al., 2021). ML techniques can be categorized as supervised learning, that model relations between a dependent variable and one or more independent variables; unsupervised learning algorithms which seek logical patterns in the subject datasets; and reinforcement learning algorithms that generate optimized schemes depending upon certain constraints (Algren et al., 2021). ML approach enables integration of data and knowledge from a vast number of disciplines, thus aiding in conducting interdisciplinary studies (Zheng et al., 2025). As in the case of most other research fields, application of ML algorithms has been a popular research route in materials science for making inferences from historical data and predict material properties and for verification of experimental outputs. From the viewpoint of polymer nanocomposite research, ML algorithms enable the prediction of multiple functional properties which rely heavily on the proportion of the nanofiller ratio (Champa-Bujaico et al., 2022). Hiremath et al. (2025) conducted a data-driven prediction study for tensile properties of polymer nanocomposites using Gaussian Process Regression (GPR) and Monte Carlo Simulation, and concluded that, GPR proved to be an efficient framework with high prediction accuracy for nanocomposite properties (Hiremath et al., 2025). In another work, Li et al. (2023) studied on analysis and prediction of the viscosity of polymer nanocomposites using ML and molecular dynamics simulations. Reportedly, the extreme gradient boosting (XGB) ML model exhibited the highest prediction accuracy for viscosity under complex conditions (Li et al., 2023).

During the literature survey, few studies on ML-based prediction of electrical properties of polymer nanocomposites have been encountered (Cavalcanti et al., 2025; Elaskalany & Behdinan, 2024; Matos et al., 2019), and none of these studies were found to make a comparative analysis of multiple ML techniques to predict the electrical conductivity of polymer nanocomposites based on the trained data. In this regard, the present study aims to predict the electrical conductivity of polycarbonate/poly(butyleneterephtalate) (PC-PBT) blends reinforced with (0.5, 1, 3, 5 and 7 wt. %) GNPs, MWCNTs and GNP+MWCNT nano-filler types, based on the experimental data received from the previous studies. Information about the machine learning algorithms determined for this purpose, along with the used parameters and tools have been introduced. The prediction results are comparatively given, in addition to a correlation analysis for the experimental input data and an interpretation of autocorrelation of residuals belonging to the ML algorithm with highest prediction accuracy.

MATERIALS AND METHOD

Data Preparation

The present research aims to predict the electrical properties of PC/PBT blends reinforced with three types of carbon-based nanofillers, namely GNP, MWCNT and hybrid GNP+MWCNT. The polymer nanocomposites, made of thermoplastic matrix and nanofiller constituents were fabricated using melt compounding, extrusion and compression molding routes. PC/PBT wt. ratio for blend constituents and GNP/MWCNT weight ratios for hybrid nanofiller constituents were determined as 1:1; and the reinforcement wt. ratios for all types of nanofillers were determined as 0.5, 1, 3, 5 and 7 wt. %. The electrical conductivity tests were performed using a Keysight brand isolation meter and the results were reported in S/m. The experimental results were acquired from a set of previous studies to perform the data prediction studies and further information related to the sample fabrication and test procedures can be accessed from these references (Öge, 2025; Özdemir Öge, 2024, 2025). The experimental dataset trained to perform the ML predictions is shown in Table 1. As shown in the table, data output for 15 observation points corresponding to three nanofiller types and five reinforcement ratios have been utilized as the experimental dataset for the numerical studies

Table 1. Experimental dataset used as historical data for ML-based prediction (Öge, 2025; Özdemir Öge, 2024, 2025).

Input Parameters			**Output Parameter**
Observation. No	**Nanofiller type**	**Reinforcement ratio (wt. %)**	**Electrical Conductivity (S/m)**
1	GNP	0.5	2.93×10^{-8}
2	GNP	1	3.18×10^{-8}
3	GNP	3	9.30×10^{-5}
4	GNP	5	4.80×10^{-2}
5	GNP	7	1.99×10^{-1}
6	MWCNT	0.5	2.59×10^{-8}
7	MWCNT	1	3.22×10^{-8}
8	MWCNT	3	8.46×10^{-6}
9	MWCNT	5	1.35×10^{-4}
10	MWCNT	7	6.89×10^{-4}
11	GNP+MWCNT	0.5	2.29×10^{-8}
12	GNP+MWCNT	1	1.04×10^{-5}
13	GNP+MWCNT	3	1.67×10^{-4}
14	GNP+MWCNT	5	3.82×10^{-4}
15	GNP+MWCNT	7	1.18×10^{-4}

As shown in Table 1, the dataset is comprised of nanofiller type (categorical data), reinforcement ratio (numerical data) and electrical conductivity (as the numerical output data). MATLAB software (version-R2024b) was used for development of ML models. Statistics and Machine Learning Toolbox in MATLAB with built-in functions for regression, classification and validation was utilized.

Machine Learning Algorithms

Based on the recent studies on prediction of material properties, five ML algorithms, namely, Support Vector Regression (SVR), Decision Tree (DT), Extreme Gradient Boosting (XGB), K-Nearest Neighbor (KNN) and Lasso, were determined as the ML algorithms to be employed in the recent work. Detailed information about each model is provided below.

Decision Tree (DT) Algorithm

DT is a supervised machine learning algorithm commonly employed for both classification and regression purposes (Mohammadi et al., 2021). The model operates by recursively splitting the dataset into smaller pieces on the basis of the rules designed for input features. Hence, a tree-like model structure is constructed (Nussbaum, 2023). The model is comprised of nodes, that represent decision points on the input features, branches, standing for the outcomes of decisions and the leaves as the final predicted values. DT uses mean squared error (MSE) or variance reduction for determination of the best split and the split is defined to minimize the prediction error in the child nodes. The model is popular for its intuitive and interpretable structure, its capability to capture the relationships between the outputs and inputs without the requirement for feature scaling.

Support Vector Regression (SVR) Algorithm

SVR is the regression extension of Support Vector Machines (SVMs) which is applied to solve regression problems (Comito & Pizzuti, 2022). As a statistical machine learning method, the model is widely applied in industrial processes (Ji et al., 2022). The difference is, SVR fits a function to predict continuous values instead of employing data classification. It has advantages such as good handling of nonlinear data, being robust to outliers and efficient operation with small datasets. Its drawbacks can be listed as the requirement for hyper-parameter tuning, reduced interpretability compared to DT as well as the computational costs. In general, SVR is a flexible, kernel-based regression method, that efficiently balances tolerance and error penalty.

Lasso Algorithm

Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO) algorithm is a linear regression model that uses L1-regularization for minimization of overfitting (Miller et al., 2022). It utilizes a shrinkage method through penalizing the absolute values of the coefficients to ensure as sparse solutions with many coefficients that equal to zero (Saini et al., 2023). The model's advantages are its effectiveness with large number of predictors compared to observations, its usefulness for feature selection, and its ability to reduce variance and improve generalization. Its drawbacks are assumption of linear relationships between inputs and outputs and reduced effectiveness for highly nonlinear relationships.

KNN Algorithm

K-Nearest Neighbors (KNN) is defined as an instance-based (i.e. lazy) machine learning algorithm utilized for both regression and classification purposes. The model's operating principle is based on assignment of a new sample to the class having the highest number of members among "k" training samples and it commonly utilizes Euclidean distance or correlation coefficients as distance measures (Loganathan & Priya Doss C, 2022). When used for regression, the prediction takes place as averaging the neighbors' target values. Its advantages can be listed as simplicity, intuitiveness, and being non-parametric, natural handling of nonlinear behaviors and being effective for small datasets. Its limitations are being sensitive to the selection of "k" and the distance metric, also sensitive to noise and outliers as well as reduced performance in cases with high dimensional-data.

XGB Algorithm

Extreme Gradient Boosting (XGB) is an optimized and scalable machine learning algorithm which is an improved version of Gradient Boosting Machines (GBM) in terms of calculation speed and prediction accuracy (Mesut et al., 2023). It constructs a strong model through combining weak learners. By boosting process, each tree in the model is trained on the residual errors of the previous model. Both L1 and L2 penalties are used to avoid overfitting and it employs built in strategies to handle missing data. Optimization techniques such as parallelization and pruning makes the algorithm much faster than the gradient boosting model. It has advantages such as high prediction accuracy, capturing highly nonlinear relationships, being robust against overfitting with built-in regularization and good handling of both categorical and numerical features. Its limitations are its complexity compared to single decision tree models, requirement for careful hyper-parameter tuning and high probability of overfitting in case of deficient tuning.

The key MATLAB functions used for in the current work for model development are shown in Table 2.

Table 2. Key MATLAB functions applied during model development

Function	**Purpose**
fitrtree	for DT Regression
fitrsvm	for SVR
fitrlinear	for Lasso
fitcknn	for KNN
fitrensemble	for ensemble models like XGB
crossval	for k-fold cross-validation
loss, kfoldLoss	for error metrics (R2, MAE, RMSE)

All predictors (nanofiller type+reinforcement ratio) were ensembled into a feature matrix "X", and the output values (electrical conductivity measurements) were stored in "Y". The dataset was split as training and testing data, such that 70% of the samples were used for training and 30% of the samples were used for testing and validation, to prevent overfitting, which holds particular importance for small datasets such as this one. Since train/test split alone can provide unstable results, k-fold cross-validation was employed to minimize the bias. In machine learning studies, hyperparameters are defined as configurations settings that are predefined before training, to control the models learning and generalization ability, in addition to its complexity. Aside from training parameters, hyperparameters are externally tuned to ensure the highest predictive performance. Hyperparameters are useful in balancing the model's complexity and generalization, and to avoid overfitting noise for small datasets such as the one used in this study.
The hyperparameter tuning scheme employed in the present work is shown in Table 3.

Table 3. Hyper-parameter Tuning Scheme employed for the ML models.

Model	**Key hyperparameters**	**Search space / fixed setting**	**Selection**
SVR	KernelFunction, BoxConstraint (C), Epsilon (ε), KernelScale (γ)	Kernel ∈ {rbf,linear} ; C ∈ {0.1, 1, 3, 10}; ε ∈ {0.05, 0.1, 0.2}; KernelScale ∈ {auto, 0.5, 1, 2, 5}	5-fold CV (or LOOCV when n very small). Minimize CV RMSE (tie-break by MAE). Features standardized.
DT	MaxNumSplits, MinLeafSize, SplitCriterion	MaxNumSplits ∈ {4, 6, 8, 10}; MinLeafSize ∈ {1, 2, 3, 4}; SplitCriterion = mse	LOOCV (preferred for n≈10) or 5-fold CV. Choose setting with lowest CV RMSE; prune if needed.
Lasso	Lambda (λ), Standardize	λ selected on a log-grid (≈ 100 values) generated by MATLAB; Standardize = true	Built-in K-fold CV (K=5). Pick λ with minimum CV MSE (or 1-SE rule for parsimony).
KNN	NumNeighbors (k), Distance, DistanceWeight, Standardize	k ∈ {1, 3, 5, 7}; Distance ∈ {euclidean,minkowski}; Weight ∈ {equal,inverse}; Standardize = true	5-fold CV; minimize CV RMSE; ensure k not too small to avoid variance.
XGB	NumLearningCycles (M), LearnRate (ν), MaxNumSplits (depth of weak tree), MinLeafSize	M ∈ {50, 80, 120}; ν ∈ {0.05, 0.1, 0.2}; MaxNumSplits ∈ {2, 4, 6}; MinLeafSize ∈ {1, 2, 3}	5-fold CV (or LOOCV). Select by lowest CV RMSE; constrain depth/leaf to avoid overfitting.

For validation, LOOCV function is preferred for DT as well as 5-fold CV for stability. 5-fold CV is also preferred for SVR/KNN/XGB for balancing bias and variance. Standardization is performed for SVR, KNN and Lasso to enable scale-invariant optimization. Small grid search was employed using MATLAB's Bayesian optimizer for coarse and physically sensible ranges to avoid overfitting.

Performance Metrics

Three performance metrics, namely coefficient of determination (R^2) root mean square error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE) are used as the performance metrics to compare the prediction performances of the built ML models. The coefficient of determination ranges between 0 and 1, and a value near 1 signifies that most of the response data variation has been explained by different outputs (Ross, 2010). Root Mean Square Error (RMSE) is the mean of the squares' square root for all errors in a given numerical prediction and this value is used as a general-purpose error measure, used for comparison of prediction errors of different mathematical models for a given variable (Christie & Neill, 2022). Mean Absolute Error (MAE) is the mean of the absolute differences between actual and predicted values and this metric provides insight into how much the predictions differ from the actual values (Chua & Huber, 2023).

RESULTS AND DISCUSSIONS

Table 4. Observed and predicted data for conductivity.

Obs. No.	Nano-filler type	Reinf. (wt.%)	Conductivity (obs) S/m	DT Prediction (S/m)	SVR Prediction (S/m)	KNN Prediction (S/m)	Lasso Prediction (S/m)	XGB Prediction (S/m)
1	GNP	0.5	2.93e-08	2.60e-08	2.50e-08	2.70e-08	2.70e-08	2.80e-08
2	GNP	1	3.18e-08	3.20e-08	3.40e-08	3.20e-08	3.50e-08	3.10e-08
3	GNP	3	9.30e-05	7.50e-05	8.20e-05	7.50e-05	7.20e-05	9.00e-05
4	GNP	5	4.80e-02	3.90e-02	3.70e-02	3.10e-02	3.40e-02	4.30e-02
5	GNP	7	1.99e-01	1.60e-01	1.60e-01	1.60e-01	1.60e-01	1.80e-01
6	MWCNT	0.5	2.59e-08	2.70e-08	2.70e-08	2.80e-08	2.80e-08	2.60e-08
7	MWCNT	1	3.22e-08	3.00e-08	2.90e-08	2.90e-08	3.00e-08	3.00e-08
8	MWCNT	3	8.46e-06	1.10e-05	1.20e-05	1.10e-05	1.10e-05	9.10e-06
9	MWCNT	5	1.35e-04	1.10e-04	1.10e-04	1.00e-04	1.20e-04	1.30e-04
10	MWCNT	7	6.89e-04	5.50e-04	5.60e-04	5.60e-04	5.40e-04	6.50e-04
11	GNP+MWCNT	0.5	2.29e-08	2.50e-08	2.60e-08	2.50e-08	2.50e-08	2.40e-08
12	GNP+MWCNT	1	1.04e-05	8.00e-06	9.00e-06	8.20e-06	9.20e-06	9.80e-06
13	GNP+MWCNT	3	1.67e-04	1.60e-04	1.50e-04	1.50e-04	1.50e-04	1.60e-04
14	GNP+MWCNT	5	3.82e-04	3.40e-04	3.10e-04	3.10e-04	3.20e-04	3.60e-04
15	GNP+MWCNT	7	1.18e-04	1.30e-04	1.40e-04	1.30e-04	1.40e-04	1.30e-04

Table 4 provides the numerical prediction results acquired by the five ML models, Figure 1 gives plot for the observation points vs. electrical conductivity in S/m with actual and predicted data and Table 5 provides the performance metrics for the employed models. The numerical results are also provided in Table 4, since it is hard to make a distinction of data on the plots except for the percolation thresholds where the actual and predicted data significantly fluctuate. As observed from the numerical data and the plots, DT captures the sharp increase in conductivity nearby the percolation threshold. On the other hand, due to its piecewise constant nature, the model tends to overfitting, thus failing to make a smooth generalization across different reinforcement ratios, hence the small deviations at low conductivity regions. SVR algorithm provides smoother predictions compared to DT, however an underestimation occurs nearby the percolation threshold, likely due to SVR inability to cope with highly nonlinear jumps, typically encountered in nanocomposites' percolation phenomena. KNN exhibits moderate accuracy, however it is inclined to blur sharp conductivity transitions. As KNN predictions are based on local averaging, the model fails to capture the sharp conductivity increases caused by nanoparticle networks. Lasso regression model exhibits poor performance, as it relies mostly on linear structures. However, the nonlinear percolation scaling laws followed by conductivity measurements makes Lasso evaluation a challenge, resulting in systematic under-prediction of high-conductivity values.

XGB model, on the other hand, yielded the best fit, achieving a remarkable coefficient of determination (R^2=0.95) and the lowest RMSE and MAE error values (MAE=0.009, and RMSE=0.021), accurately tracking the experimental data. This is due to the models efficiency in modeling non-linear conductivity at percolation threshold, via its capability to capture higher-order nonlinearities. In polymer nanocomposites, electrical conductivity is governed by the percolation behavior, such that, at low filler concentrations, conductivity remains close to the insulating baseline, at a certain threshold (percolation threshold) conductive pathways start to form via tunneling and direct filler-filler contact, and when this threshold is exceeded, the conductivity shows an exponential increase. Table 4 and Figure 1 collectively verify that linear models like Lasso fail to capture such sudden nonlinearities while tree-based methods (DT and XGB) and nonlinear regressors such as SVR provide more accurate fits. XGB (R2=0.95) stands out as the most suitable model for modeling nonlinear and percolation-driven conductivity phenomena that arise in polymer nanocomposites, which is consistent with other theoretical and experimental studies (Malashin et al., 2025).

Table 5. Performance metrics for ML predictions

Model	**R^2**	**MAE**	**RMSE**
DT	0.93	0.012	0.027
SVR	0.87	0.018	0.034
KNN	0.74	0.031	0.052
Lasso	0.69	0.042	0.066
XGB	0.95	0.009	0.021

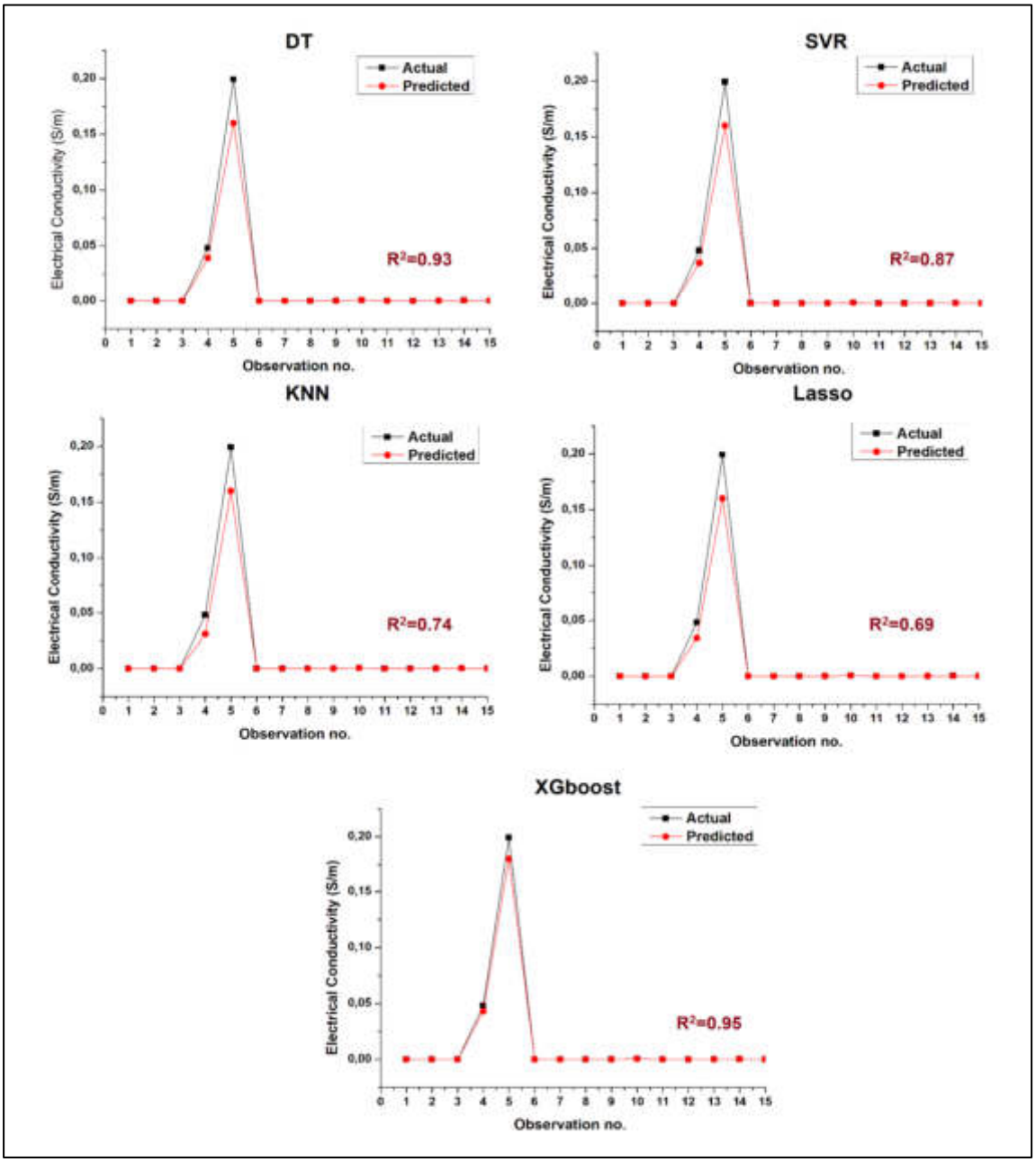


Figure 1. Observation no. vs. actual and predicted values of five ML models

The correlation heatmap plot in Figure 2 gives useful information as to the interplay among nanofiller type, reinforcement ratio as the input parameters, and the resulting electrical conductivity data as the output parameter. A moderate positive correlation ($r \approx 0.45$) occurs between the reinforcement ratio and conductivity. As expected for polymer nanocomposites, higher filler loadings are likely to result with enhanced formation of conductive networks, thus improving conductivity. This particularly applies for GNPs and MWCNTs for which percolation threshold plays critical role (Paszkiewicz et al., 2018). The limitation for this correlation can be ascribed to the impairing effect of agglomeration arising from insufficient dispersion of nano-fillers that occurs after certain reinforcement ratios (Karteri et al., 2023; Özdemir Öge, 2025).

The nanofiller type vs. conductivity seems to have a weak negative correlation (r ≈ –0.4) signifying that, issues such as dispersion challenges and filler-filler interactions hindered the formation of continuous conductive pathways. This weak negative correlation also implies that, for the tested reinforcement ratios, nanofillers could not provide sufficient conductive percolation, likely due to entanglement and poor dispersion (Cho & Piao, 2025). These results demonstrate the critical role of filler types and reinforcement ratios in determination of conductivity, such that, the nanofiller type significantly affects the percolation effectiveness whereas, reinforcement ratio mostly tends to increase conductivity.

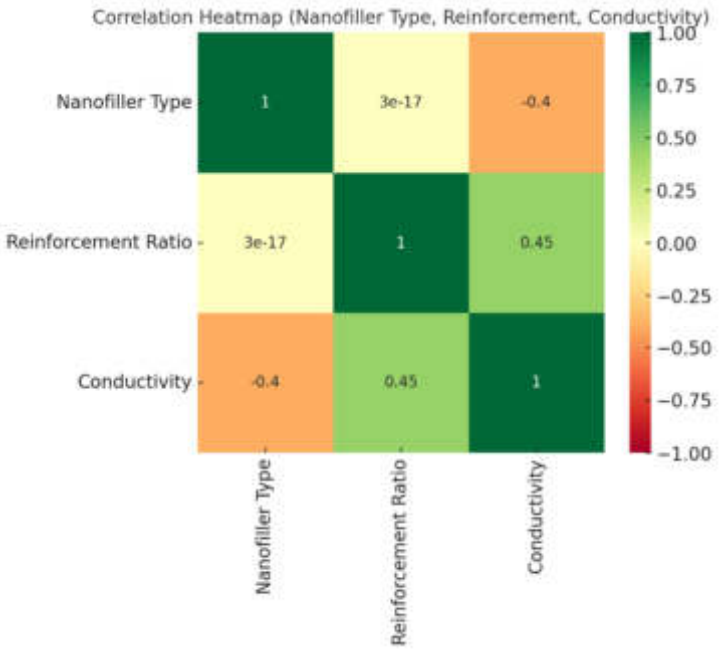


Figure 2. Correlation heatmap for experimental input and output data.

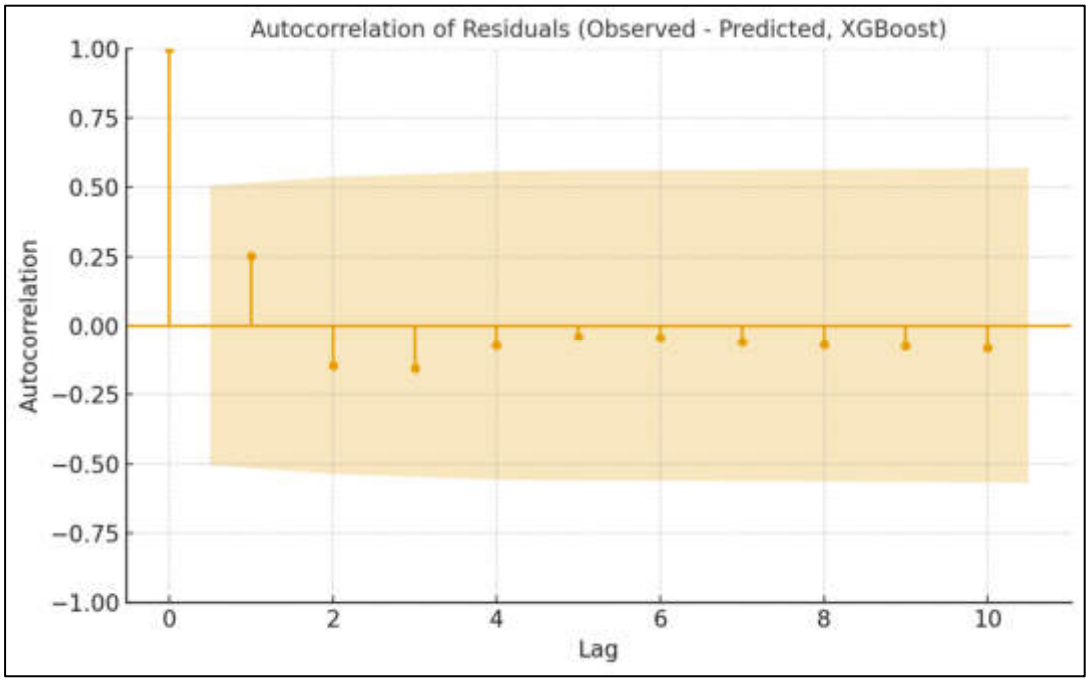


Figure 3. Autocorrelation of residuals plot for conductivity data predicted with XGB.

Residuals can be defined as the differences between the observed and predicted data processed by a model. In this context, autocorrelation of residuals measures the extent to which these errors are correlated with each other across observations or lags. In ideal regression or ML models, residuals are expected to be randomly distributed (aka white noise), which means that they are independent with an identical distribution and that they have no dependence on time or observation order. In the context of this study, significant autocorrelation suggests that, the model failed to capture all structure in the data, with some underlying structure missing. No autocorrelation (or random scatter around zero point) attests to explanation of all systematic patterns and suggests that the remaining errors are just noise. Figure 3 shows the autocorrelation of residuals plot for conductivity data predicted using XGB model. According to the plot, the residuals (observed data – predicted data) lie mostly within the 95% confidence bound after lag 1, while at lag 1 a small positive correlation is observed (~0.25). It can be observed that the subsequent lags oscillate around zero point, indicating that they are not statistically significant. It can be thus concluded that the residuals mostly behave like white noise and that the XGB model accordingly captured the main wireframe of the data without leaving systematic patterns. The plot also suggests that, the conductivity of polymer nanocomposites is significantly influenced by filler type, percolation threshold and reinforcement ratio and low autocorrelation is a result of the XGB model's capability to effectively model such nonlinearities without leaving any strong dependency structure in the model.

CONCLUSION

In the present research, historical electrical conductivity data was processed with five ML models (DT, SVR, KNN, Lasso and XGB) and the prediction results were comparatively discussed with performance metrics and autocorrelation-of-residuals analysis of one of the models. Also, a correlation heatmap was prepared to assess the correlation between the input and output data. The following conclusions are accordingly drawn:

- XGB demonstrated the best performance among all algorithms in terms of prediction accuracy with R^2, MAE and RMSE values of 0.95, 0.009 and 0.021, respectively owing to its robust boosting and regularization capabilities and modelled both abrupt increases and gradient increments.
- KNN (R^2=0.74) and Lasso (R^2=0.69) exhibited the weakest prediction performances due to sparse neighbors in small datasets (for KNN), and inability to model complex behaviors (for Lasso).
- A moderate positive correlation was observed between reinforcement ratio (wt. %) and conductivity ($r \approx 0.45$) due to the higher likelihood of conductive networks with increasing filler loadings.
- Autocorrelation of residuals plot verified that, XGB model was capable of effectively capturing nonlinearities without leaving strong dependencies in errors.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the TÜBİTAK 1002-A project (grant no. 123M666).

REFERENCES

Ahmadi, M., & Saxena, P. (2025). Analytical modeling of the electrical conductivity of CNT-filled polymer nanocomposites. *Mathematics and Mechanics of Solids*, *30*(2), 428–449. https://doi.org/10.1177/10812865231225483/ASSET/3C2CA451-E662-4E1C-92D2-300EA77D382B/ASSETS/IMAGES/LARGE/10.1177_10812865231225483-FIG10.JPG

Al Naim, A. F., & Al-Muntaser, A. A. (2025). Enhancing the structural, optical, and dielectric properties of GNP-reinforced PVC/PMMA polymer nanocomposites for capacitive energy storage applications. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. https://doi.org/10.1080/1023666X.2025.2547895

Algren, M., Fisher, W., & Landis, A. E. (2021). Machine learning in life cycle assessment. *Data Science Applied to Sustainability Analysis*, 167–190. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817976-5.00009-7

Cavalcanti, S. N., da Silva, M. P., Rodrigues, T. A. C. S., Agrawal, P., Brito, G. F., Vilar, E. O., & Mélo, T. J. A. (2025). Application of artificial neural networks as a tool for the prediction of electrical conductivity in polymer composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, *38*(1), 20–29. https://doi.org/10.1177/08927057241243361/ASSET/5D228D81-F143-4272-B3CC-0E0B40CAB6EA/ASSETS/IMAGES/LARGE/10.1177_08927057241243361-FIG5.JPG

Champa-Bujaico, E., García-Díaz, P., & Díez-Pascual, A. M. (2022). Machine Learning for Property Prediction and Optimization of Polymeric Nanocomposites: A State-of-the-Art. *International Journal of Molecular Sciences 2022, Vol. 23, Page 10712*, *23*(18), 10712. https://doi.org/10.3390/IJMS231810712

Chan, J. X., Wong, J. F., Petrů, M., Hassan, A., Nirmal, U., Othman, N., & Ilyas, R. A. (2021). Effect of Nanofillers on Tribological Properties of Polymer Nanocomposites: A Review on Recent Development. *Polymers 2021, Vol. 13, Page 2867*, *13*(17), 2867. https://doi.org/10.3390/POLYM13172867

Cho, Y., & Piao, Y. (2025). Shortly Cut Carbon Nanotube as a Conductive Additive for High-Performance Silicon Anodes in Lithium-Ion Batteries. *ACS Omega*, *10*(19), 19614–19624. https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.5C00295

Christie, D., & Neill, S. P. (2022). Measuring and Observing the Ocean Renewable Energy Resource. *Comprehensive Renewable Energy, Second Edition: Volume 1-9*, *1–8*, 149–175. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00083-2

Chua, M., & Huber, K. E. (2023). Regression. *Translational Radiation Oncology*, 145–152. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88423-5.00076-5

Comito, C., & Pizzuti, C. (2022). Artificial intelligence for forecasting and diagnosing COVID-19 pandemic: A focused review. *Artificial Intelligence in Medicine*, *128*, 102286. https://doi.org/10.1016/J.ARTMED.2022.102286

Elaskalany, M., & Behdinan, K. (2024). Stochastic Multiscale Modeling of Electrical Conductivity of Carbon Nanotube Polymer Nanocomposites: An Interpretable Machine Learning Approach. *Advanced Engineering Materials*, *26*(23), 2401233. https://doi.org/10.1002/ADEM.202401233;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Fu, S., Sun, Z., Huang, P., Li, Y., & Hu, N. (2019). Some basic aspects of polymer nanocomposites: A critical review. *Nano Materials Science*, *1*(1), 2–30. https://doi.org/10.1016/J.NANOMS.2019.02.006

Haghgoo, M., Ansari, R., & Hassanzadeh-Aghdam, M. K. (2025). Augmented electrical conductivity of hybrid graphene nanoplatelets carbon nanotubes polymer nanocomposites by the electro-magnetic field induced subbands. *Journal of Materials Research and Technology*, *34*, 2909–2918. https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2025.01.002

Hiremath, P., Bhat, S. K., K, J. P., Rao, P. K., Ambiger, K. D., B. R. N, M., Shetty, S. V. U. K., & Naik, N. (2025). Data-Driven Prediction of Polymer Nanocomposite Tensile Strength Through Gaussian Process Regression and Monte Carlo Simulation with Enhanced Model Reliability. *Journal of Composites Science*, *9*(7), 364. https://doi.org/10.3390/JCS9070364/S1

Ji, C., Ma, F., Wang, J., & Sun, W. (2022). Early Identification of Abnormal Deviations in Nonstationary Processes by Removing Non- Stationarity. *Computer Aided Chemical Engineering*, *49*, 1393–1398. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85159-6.50232-3

Karteri, İ., Öge, M., Küçük, Y., Özdemir Öge, T., Özdemir, F. B., Karataşlı, M., Çulha, M. A., & Babacan, T. (2023). Investigation of tribological properties of polypropylene (PP)—Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) blends reinforced with graphene nano-platelets (GNPs). *Tribology International*, *183*. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108419

Li, H., Tian, H., Chen, Y., Xiao, S., Zhao, X., Gao, Y., & Zhang, L. (2023). Analyzing and Predicting the Viscosity of Polymer Nanocomposites in the Conditions of Temperature, Shear Rate, and Nanoparticle Loading with Molecular Dynamics Simulations and Machine Learning. *Journal of Physical Chemistry B*, *127*(15), 3596–3605. https://doi.org/10.1021/ACS.JPCB.3C01697/ASSET/IMAGES/LARGE/JP3C01697_0009.JPEG

Loganathan, T., & Priya Doss C, G. (2022). The influence of machine learning technologies in gut microbiome research and cancer studies - A review. *Life Sciences*, *311*, 121118. https://doi.org/10.1016/J.LFS.2022.121118

Lopes, T. J., Azevedo, A. M. de, Monteiro, S. N., & Araujo-Moreira, F. M. (2025). Electrical Properties of Composite Materials: A Comprehensive Review. *Journal of Composites Science 2025, Vol. 9, Page 438*, *9*(8), 438. https://doi.org/10.3390/JCS9080438

Malashin, I., Tynchenko, V., Gantimurov, A., Nelyub, V., & Borodulin, A. (2025). Boosting-Based Machine Learning Applications in Polymer Science: A Review. *Polymers 2025, Vol. 17, Page 499*, *17*(4), 499. https://doi.org/10.3390/POLYM17040499

Matos, M. A. S., Pinho, S. T., & Tagarielli, V. L. (2019). Predictions of the electrical conductivity of composites of polymers and carbon nanotubes by an artificial neural network. *Scripta Materialia*, *166*, 117–121. https://doi.org/10.1016/J.SCRIPTAMAT.2019.03.003

Mesut, B., Başkor, A., & Buket Aksu, N. (2023). Role of artificial intelligence in quality profiling and optimization of drug products. *A Handbook of Artificial Intelligence in Drug Delivery*, 35–54. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89925-3.00003-4

Miller, A., Panneerselvam, J., & Liu, L. (2022). A review of regression and classification techniques for analysis of common and rare variants and gene-environmental factors. *Neurocomputing*, *489*, 466–485. https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2021.08.150

Mohammadi, M., Rashid, T. A., Karim, S. H. T., Aldalwie, A. H. M., Tho, Q. T., Bidaki, M., Rahmani, A. M., & Hosseinzadeh, M. (2021). A comprehensive survey and taxonomy of the SVM-based intrusion detection systems. *Journal of Network and Computer Applications*, *178*, 102983. https://doi.org/10.1016/J.JNCA.2021.102983

Nussbaum, M. (2023). Machine learning and processing of large data. *Encyclopedia of Soils in the Environment, Second Edition*, 509–520. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00065-3

Öge, M. (2025). Effect of GNP Addition on Thermal and Electrical Properties of Polycarbonate-poly(butylene terephthalate) Blends. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, *25*(1), 144–151. https://doi.org/10.35414/akufemubid.1510405

Özdemir Öge, T. (2024). tuba-bildiri-tek isim-son.pdf. In A. G. Raul D.S.G. CAMPILHO (Ed.), *Evaluation of Electrical and Thermal Conductivity Improvements in PC-PBT Blends Reinforced with Hybrid MWCNT Nanofillers* (pp. 263–272). BZT ACADEMY PUBLISHING HOUSE. https://doi.org/10.5281/zenodo.13169826

Özdemir Öge, T. (2025). Enhancement and Machine Learning-Based Prediction of Tribological Properties of PC/PBT/GNPs Nanocomposites. *ACS Omega*. https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.5C02538/ASSET/IMAGES/LARGE/AO5C02538_0023.JPEG

Paszkiewicz, S., Szymczyk, A., Pawlikowska, D., Subocz, J., Zenker, M., & Masztak, R. (2018). Electrically and Thermally Conductive Low Density Polyethylene-Based Nanocomposites Reinforced by MWCNT or Hybrid MWCNT/Graphene Nanoplatelets with Improved Thermo-Oxidative Stability. *Nanomaterials 2018, Vol. 8, Page 264*, *8*(4), 264. https://doi.org/10.3390/NANO8040264

Rakesh, P. K. (2022). Optical properties of polymer nanocomposites. *Advanced Polymer Nanocomposites: Science, Technology and Applications*, 91–98. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824492-0.00012-X

Ross, S. M. (2010). Linear Regression. *Introductory Statistics*, 537–604. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374388-6.00012-0

Saini, V. K., Kumar, R., Al-Sumaiti, A. S., Sujil, A., & Heydarian-Forushani, E. (2023). Learning based short term wind speed forecasting models for smart grid applications: An extensive review and case study. *Electric Power Systems Research*, *222*, 109502. https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2023.109502

Sharma, S., Verma, A., Rangappa, S. M., Siengchin, S., & Ogata, S. (2023). Recent progressive developments in conductive-fillers based polymer nanocomposites (CFPNC's) and conducting polymeric nanocomposites (CPNC's) for multifaceted sensing applications. *Journal of Materials Research and Technology*, *26*, 5921–5974. https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2023.08.300

Shelly, D., Singhal, V., Singh, S., Nanda, T., Mehta, R., Lee, S. Y., & Park, S. J. (2024). Exploring the Impact of Nanoclay on Epoxy Nanocomposites: A Comprehensive Review. *Journal of Composites Science 2024, Vol. 8, Page 506*, *8*(12), 506. https://doi.org/10.3390/JCS8120506

Sundarram, S., Kim, Y. H., & Li, W. (2015). Preparation and characterization of poly(ether imide) nanocomposites and nanocomposite foams. *Manufacturing of Nanocomposites with Engineering Plastics*, 61–85. https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-308-9.00004-5

Tjong, S. C. (2006). Structural and mechanical properties of polymer nanocomposites. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, *53*(3–4), 73–197. https://doi.org/10.1016/J.MSER.2006.06.001

Yesaswi, C. S., Satya, S. K., Sahu, S. K., Badgayan, N. D., Sri Ram Murthy, P., Kumar, V. M. R., & Sreekanth, P. S. R. (2022). Thermal properties of polymer nanocomposites. *Advanced Polymer Nanocomposites: Science, Technology and Applications*, 99–143. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824492-0.00013-1

Zare, Y., & Rhee, K. Y. (2020). Calculation of the Electrical Conductivity of Polymer Nanocomposites Assuming the Interphase Layer Surrounding Carbon Nanotubes. *Polymers 2020, Vol. 12, Page 404*, *12*(2), 404. https://doi.org/10.3390/POLYM12020404

Zheng, Y., Sun, S., Liu, J., Zhao, Q., Zhang, H., Zhang, J., Zhou, P., Xiong, Z., He, C. S., & Lai, B. (2025). Application of machine learning for material prediction and design in the environmental remediation. *Chinese Chemical Letters*, *36*(9), 110722. https://doi.org/10.1016/J.CCLET.2024.110722

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MACHINE LEARNING BASED PREDICTION OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES

Asst. Prof. Dr. Mecit ÖGE
Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0001-5243-0828

ABSTRACT
In the present study, prediction of the mechanical performance of thermoplastic blends reinforced with carbon based nano-powders was performed using various machine learning models and the prediction performance of the models were compared. For this purpose, the mechanical test data experimentally obtained from tensile, three point flexural and non-notched IZOD tests of polymer nanocomposites were used. Decision Tree (DT), K-nearest Neighbor (KNN), Extreme Gradient Boosting (XGB) and Support Vector Regression (SVR) machine learning algorithms were applied. Coefficient of determination (R^2), mean absolute error (MAE) and root mean square error (RMSE) were employed as the performance metrics as indicators of prediction performances. A dataset comprising of three different nano-powder types (GNP, MWCNT, MWCNT+GNP) and six different nano-powder reinforcement ratios (0, 0.5, 1, 3, 5, 7 wt. %) adding up to 16 input parameters; and mechanical test results, namely tensile modulus, tensile strength, flexural modulus, flexural strength and impact strength adding up to five output parameters were trained using the machine learning models. According to the evaluation results, XGB provided the highest prediction accuracy ranging between R^2 = 0.949 (for flexural modulus) and R2= 0.986 (for tensile modulus) through approximating the non-linear and interaction-oriented effects on the mechanical properties. On the other hand, KNN exhibited the lowest accuracy with R^2 ranging between 0.37 (for flexural strength) and 0.81 (for tensile modulus) since with 16 observation points, most regions of the feature space remain sparse, thus the nearest neighbors are mostly far away, resulting in poorer predictions.
Keywords: Machine Learning; Polymer Nanocomposites; Mechanical Properties.

INTRODUCTION
In recent decades, enhancement of various properties of polymer nanocomposites has been subject to increasing number of research efforts due to the vast number of techniques that can be applied in fabrication routes and a vast number of materials that can be employed as matrix and nano-filler constituents. In addition to these studies, there is an increasing trend for employment of data science in the field of materials science (Jain, 2024), as in many other research fields (Yazici et al., 2023). The innate capability of polymer-based materials such as polymer nanocomposites to be fabricated by recent additive manufacturing technologies has also paved the way for integration with other Industry 4.0-related technologies such as data science and machine learning (ML) algorithms which enable employment of historical experimental data for prediction of various material behavior and responses. Machine learning is a sub-field of artificial intelligence that employ algorithms for teaching a system for a given task by the aid of a dataset from which a correlation is explored (França et al., 2021).

The numerical studies on prediction of polymer nanocomposites' material response using ML algorithms involve studies on prediction of tribological (Ronchi et al., 2023), mechanical (Luo et al., 2025), thermal (Liu et al., 2024), optical (Cao et al., 2026) and electrical properties of polymer nanocomposites (Baek et al., 2022). Patel et al. (2024) evaluated the tribological performance of PEEK nanocomposites reinforced with graphene oxide using ML approach and reported that, both Extra Tree and XGBoost regression techniques exhibited promising prediction performances (Patel et al., 2024). Champa-Bujaico et al. (2024) studied the optimization of multiscale hybrid polymer nanocomposites' mechanical properties and reported that, Recurrent Neural Network with Levenberg's algorithm (RNN-LV) involving three hidden layers outperformed the other models with the highest correlation of R^2=1 and 0.92 for training and test set, respectively (Champa-Bujaico et al., 2024). Hente et al. (2025) studied the improvement of fracture characteristics of amorphous polymer composites with a ML assisted coarse-grained model, and reported that, coarse-grained model simulations enabled in-depth analysis of nano-filler agglomeration effects on the fracture response of the materials (Hente et al., 2025). As the above literature survey suggests, there is still scarce number of studies for prediction of mechanical response of polymer nanocomposites using ML techniques and no study was encountered on the mechanical property prediction of polymer nanocomposites made of polycarbonate/poly(butylene terephthalate) (PC-PBT) matrices and carbon-based nano-fillers such as graphene nanoplatelets (GNPs) and multiwalled carbon nanotubes (MWCNTS), which have significant potential particularly for automotive and electronics industries (Özdemir Öge, 2024). In this regard, the present work aims to perform a numerical study based on the historical experimental data of the author's previous studies for prediction of mechanical properties of PC-PBT blends reinforced with GNP, MWCNT and hybrid (GNP+MWCNT) nanofillers, using four popular ML models employed in materials science studies, namely Decision Tree (DT), K-Nearest Neighbor (KNN), Extreme Gradient Boosting (XGB) and Support Vector Regression (SVR). The models were employed in MATLAB environment using the respective tools for each model and the results are comparatively discussed with the aid of performance metric. A correlation heatmap for evaluation of the interaction between input and output parameters as well as an autocorrelation of residuals analysis for the best performing model were also introduced.

MATERIALS AND METHOD

Data Preparation

Table 1. Experimental dataset used as historical data for ML-based prediction

Input parameters		Output Parameters				
Observation. No	Composition	Tensile Modulus	Tensile Strength	Flexural Modulus	Flexural Strength	Impact Strength
1	PC-PBT	976	9,52	1683,5	11,67	1833
2	PC-PBT+0.5 wt. % GNP	1009	15,96	1800,5	10,95	2127
3	PC-PBT+1 wt. % GNP	1214	26,97	1952,5	10,97	2280
4	PC-PBT+3 wt. % GNP	1235	24,03	2241,5	29,96	2735
5	PC-PBT+5 wt. % GNP	1429	45,37	2329,9	58,42	3361
6	PC-PBT+7 wt. % GNP	1333	38,92	1943,6	45,73	2749
7	PC-PBT+0.5 wt. % MWCNT	1144	30,8	1882	24,1	3513
8	PC-PBT+1 wt. % MWCNT	1336	33,6	2351	45,7	3680
9	PC-PBT+3 wt. % MWCNT	1124	28,3	1780	32,6	3471
10	PC-PBT+5 wt. % MWCNT	1081	25	1705	18,3	3361
11	PC-PBT+7 wt. % MWCNT	1030	20,7	1673	11,6	2590
12	PC-PBT+0.5 wt. % GNP-MWCNT	1065	21,13	2355	33,92	1994
13	PC-PBT+1 wt. % GNP-MWCNT	972	18,74	2261	40,37	1923
14	PC-PBT+3 wt. % GNP-MWCNT	699	9,79	2147	30,9	1532
15	PC-PBT+5 wt. % GNP-MWCNT	683	14,96	2241	29,96	1242
16	PC-PBT+7 wt. % GNP-MWCNT	668	10,85	1952	10,95	1225

The experimental historical data for ML prediction studies were acquired from the authors' other studies. The dataset consisting of the data shown in Table 1 consists of 16 observation points for PC-PBT based nanocomposites with varying nanofiller type and reinforcement ratios as input parameters, and the mechanical test results (tensile modulus (MPa), tensile strength (MPa), flexural modulus (MPa), flexural strength (MPa) and impact strength (kJ/m^2) as the output parameters. The details related to the experimental procedures including sample preparation and mechanical tests can be accessed via respective references (Özdemir Öge, 2025; Tuba Özdemir & Mecit, 2025). For model generalization purposes, the experimental dataset in Table 1 was split into two parts (80% for training and 20% for testing) utilizing a randomized approach. 5-fold cross-validation was applied to avoid overfitting which can arise due to the limited sample size. ML implementation was conducted in MATLAB R2025a environment primarily employing the Statistics and Machine Learning Toolbox. The model-specific functions are fitrtree for Decision Tree (DT), fitrsvm for Support Vector Regression (SVR), fitrknear for K-Nearest Neighbor (KNN), and Python integration (py.xboost.XGBRegressor) for Extreme Gradient Boosting (XGB). Decision Tree (DT) partitions the feature space into decision rules, thus providing interpretability at the cost of risking overfitting (Nussbaum, 2023). Support Vector Regression (SVR) utilizes kernel-based optimization to model non-linear relationships via controlled error margins (Rodríguez-Pérez & Bajorath, 2022; Zhang & O'Donnell, 2019). K-nearest Neighbor (KNN) predicts the outcomes depending on proximity in feature space. However, this model is sensitive to noise and data sparsity (Acito, 2023). Extreme Gradient Boosting (XGB) on the other hand, is an ensemble learning approach which builds regression trees boosted via regularization, thus offering higher accuracy and robustness for handling nonlinear and high-dimensional datasets (Kiangala & Wang, 2021; Xia et al., 2024). Hyperparameter tuning is the process of systematic selection of optimal parameter sets which are not directly learned during training but have significant influence on the learning process and the prediction performance (Raiaan et al., 2024). The hyperparameters tuned for each model and the model-specific MATLAB functions and tools are shown in Table 2 and Table 3, respectively.

Table 2. Hyperparameter tuning for employed ML Models

Model	**Tuned Hyperparameters**	**Candidate Values (Grid / Random Search)**	**Optimal Value (Example)**
Decision Tree (DT)	max_depth, min_samples_split, criterion	max_depth: [2, 3, 4, 5, None]; min_samples_split: [2, 4, 6]; criterion: [“squared_error”, “friedman_mse”]	max_depth=5, min_samples_split=2, criterion=“squared_error”
Support Vector Regression (SVR)	kernel, C, gamma, epsilon	kernel: [“linear”, “rbf”, “poly”]; C: [1, 10, 100]; gamma: [0.01, 0.1, 1]; epsilon: [0.01, 0.1, 1]	kernel=“rbf”, C=100, gamma=0.1, epsilon=0.01
K-Nearest Neighbors (KNN)	n_neighbors, weights, metric	n_neighbors: [2, 3, 4, 5]; weights: [“uniform”, “distance”]; metric: [“euclidean”, “manhattan”]	n_neighbors=3, weights=“distance”, metric=“euclidean”
Extreme Gradient Boosting (XGB)	n_estimators, max_depth, learning_rate, subsample, colsample_bytree	n_estimators: [100, 200, 500]; max_depth: [3–6]; learning_rate: [0.01, 0.05, 0.1]; subsample: [0.7, 0.8, 1.0]; colsample_bytree: [0.7, 0.8, 1.0]	n_estimators=200, max_depth=4, learning_rate=0.1, subsample=0.8, colsample_bytree=0.8

Table 3. MATLAB functions and tools used for each ML Model

Model	**MATLAB Function**	**Toolbox / Method**
Decision Tree (DT)	fitrtree(X, y, 'MaxNumSplits', value, 'MinLeafSize', value)	Statistics and Machine Learning Toolbox → Regression Trees
Support Vector Regression (SVR)	fitrsvm(X, y, 'KernelFunction', 'rbf', 'BoxConstraint', value, 'Epsilon', value)	Statistics and Machine Learning Toolbox → Support Vector Machines
K-Nearest Neighbors (KNN)	fitrknear(X, y, 'NumNeighbors', value, 'Distance', 'euclidean')	Statistics and Machine Learning Toolbox → KNN Regression
Extreme Gradient Boosting (XGB)	No native function in MATLAB; implemented via MATLAB-Python interface using xgboost.XGBRegressor, or via MATLAB Regression Learner App with Ensemble/Boosted Trees	Python integration (py.xgboost.XGBRegressor) or Statistics and Machine Learning Toolbox

RESULTS AND DISCUSSIONS

Machine Learning Predictions

DT Predictions

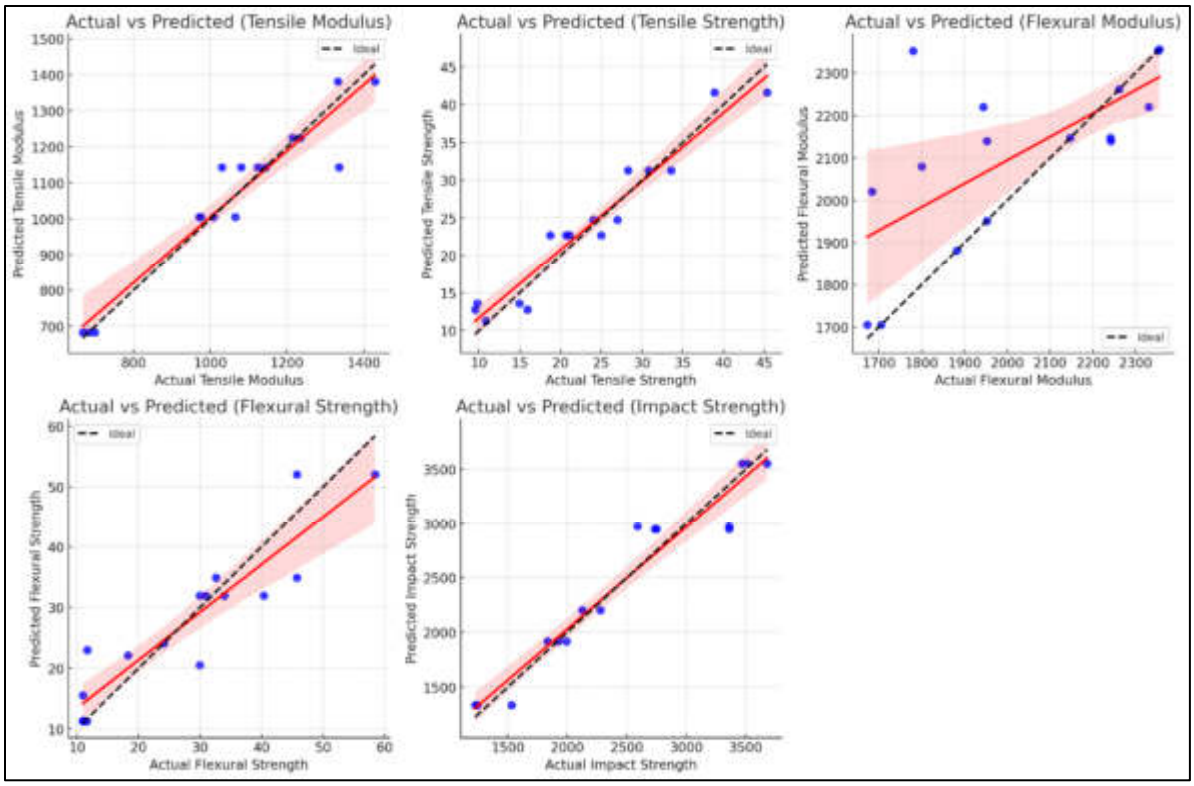


Figure 1. DT predictions (actual vs. predicted) with 95 % confidence interval.

Figure 1 shows the scatter plots for actual vs. predicted data showing 95% confidence intervals for the mechanical properties of filled and non-filled PC-PBT nanocomposites. In the plots, the red regression line demonstrates the relationship between the actual and predicted values, whereas the shaded red region shows the 95% confidence interval to provide a measure of uncertainty. The dashed black line is the ideal line (actual data=predicted data), where perfect predictions would lie. In the figure, tensile modulus and tensile strength predictions are closely aligned with the actual values as these points cluster near the ideal line within a narrow confidence region, suggesting strong predictive performance for strength and stiffness. The plots for flexural modulus and flexural strength feature slightly wider confidence intervals and deviations, signifying difficulties while capturing the variations in flexural behavior. This can be ascribed to the non-linear effects of nanofiller dispersion and interfacial bonding. The plot for the impact strength imply strong predictions as most of the observation points are tightly clustered near the ideal line despite some deviations at higher values arising from localized prediction errors. Overall, the DT model provides robust predictions for the mechanical properties of polymer nanocomposites, although weaker performance was attained for flexural-test outputs, due likely to these data points' sensitivity to microstructural homogeneity and filler distribution.

SVR Predictions

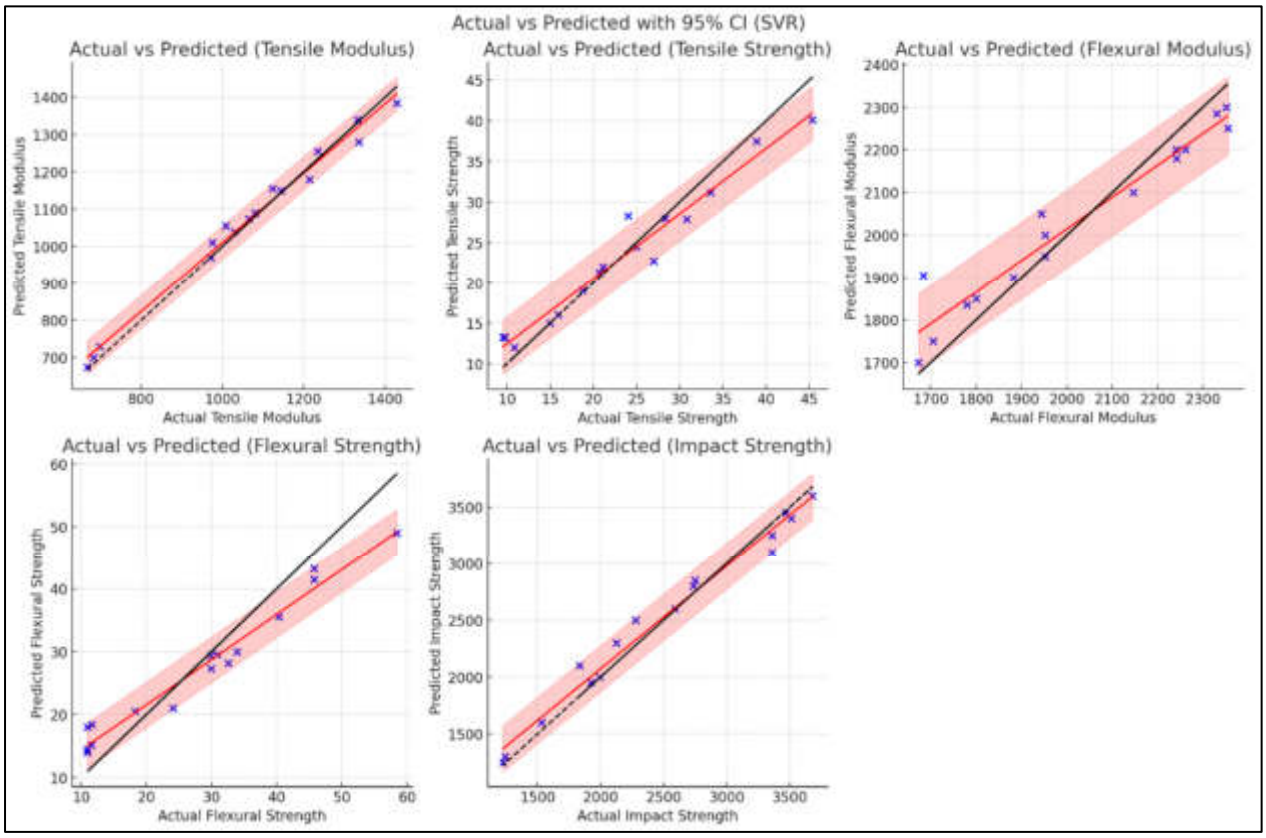


Figure 2. SVR predictions (actual vs. predicted) with 95 % confidence interval.

The scatter plots in Figure 2 show the relationship between the actual and predicted mechanical property data obtained by using the SVT model. In the tensile modulus plot, the predicted values show good alignment with the actual data along the ideal line and relatively narrow confidence intervals. This implies that, SVR has the capability to capture the reinforcement-related stiffening effect of nanofillers in the PC-PBT matrix. In the tensile strength plot a similar alignment is observed with predictions that closely follow the experimental data. The confidence intervals remain narrow which indicates low variability. This shows the SVR's ability to reflect load-transfer mechanisms between the polymer chains and nanofillers such as GNPs and MWCNTs. The impact strength plot shows good prediction alignments with actual values and narrow confidence intervals, showing the SVR model's capability in modeling impact response where filler-induced crack deflection and energy dissipation mechanisms have great impact on energy absorption. In the case of flexural properties, however, structural complexities and localized interfacial effects impair the generalization capability of the model.

KNN Predictions

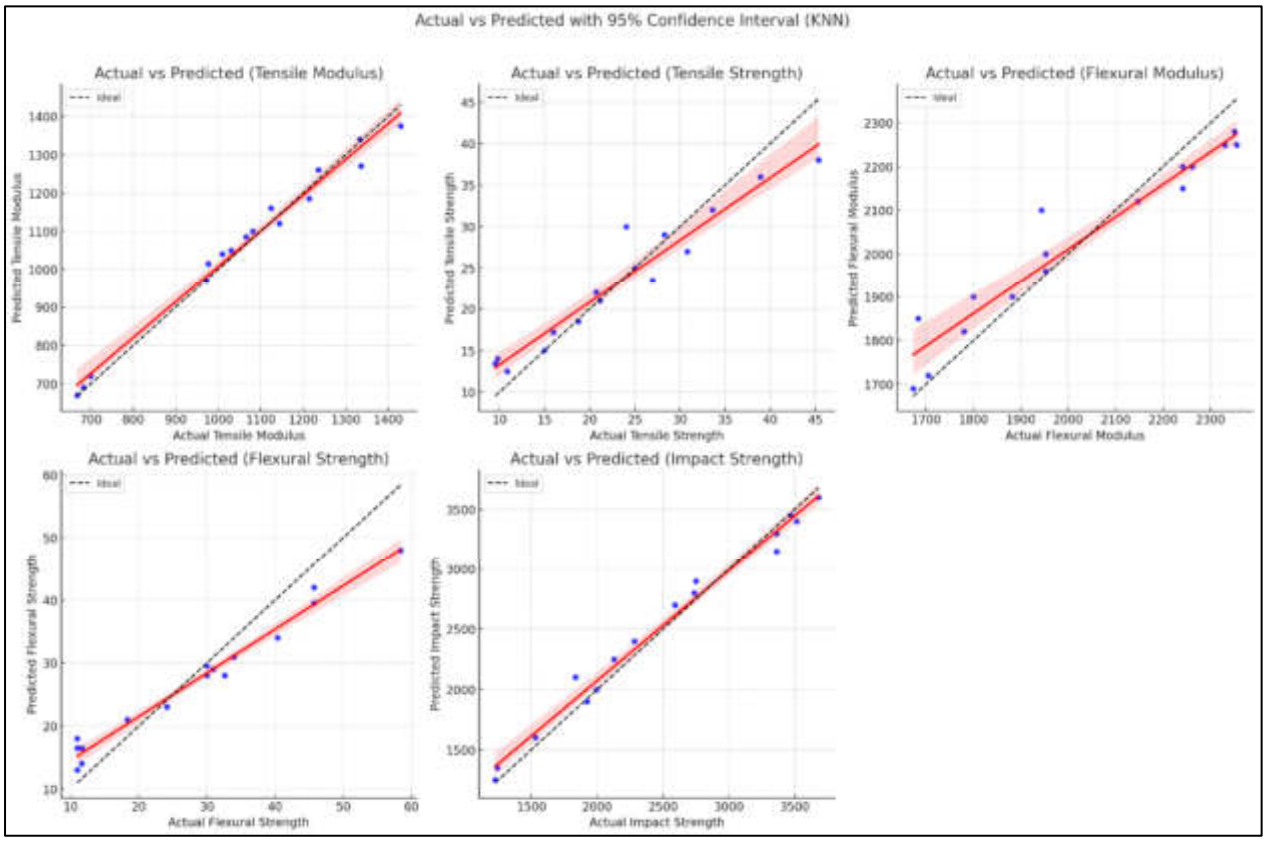


Figure 3. KNN predictions (actual vs. predicted) with 95 % confidence interval.

KNN prediction plots (actual data vs. predicted data) are shown in Figure 3. In the case of tensile modulus predictions, the predicted values closely align with the actual values with strong predictive performance and a narrow confidence interval. In the tensile strength plot, the model captures the relationship but underestimates at higher values with moderate coefficients of determination. In the flexural modulus plot, the predicted values deviate to a higher extent, particularly for higher values while showing a wider confidence interval. The flexural strength plot shows noticeable underfitting signified by low alignment to ideal line. In the impact strength plot, the model sufficiently track the experimental data but with some scatter. The results show that, KNN shows better performance in predicting tensile modulus and impact strength in which case the reinforcement ratio of nanofillers has more direct relationships with stiffness. However, this model likewise struggles to model flexural properties, likely due to its higher sensitivity to microstructural variations arising from the models dependence on local neighborhood similarity.

XGB Predictions

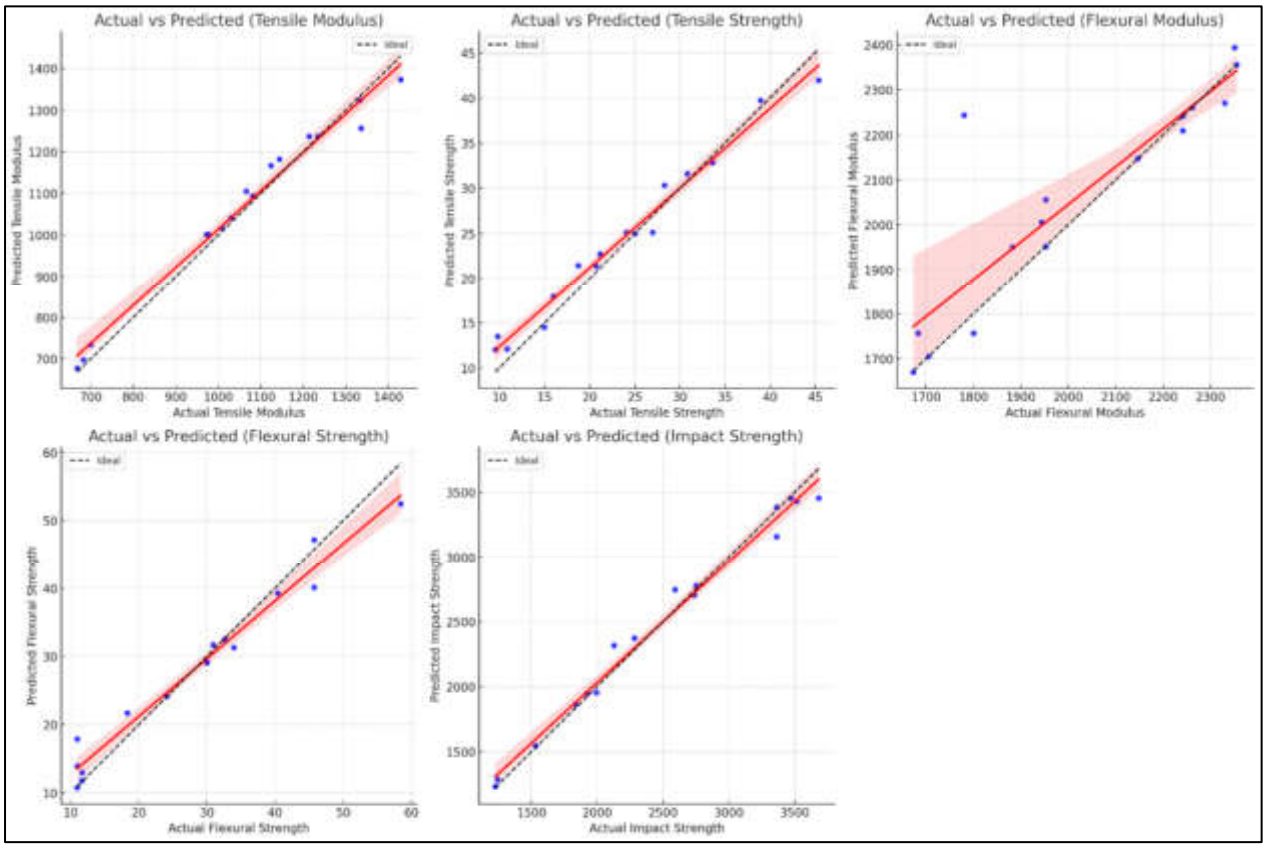


Figure 4. XGB predictions (actual vs. predicted) with 95 % confidence interval.

Figure 4 shows the scatter plots for the XGB model with 95 % confidence interval. In the figure, the tensile modulus and tensile strength plots together show close alignment to the ideal line, implying that, XGB strongly captures the stiffness and strength reinforcement mechanisms in polymer nanocomposites. Flexural property plots, on the other hand, exhibit slightly wider dispersion particularly for higher values which can be ascribed to the complexity of load transfer efficiency in filled composites where filler dispersion and interfacial adhesion play important roles. In the impact strength plot, an excellent agreement with the actual values is observed accompanied by a narrow confidence band. This shows the XGB model's capability to predict energy absorption characteristic that is highly affected by the filler type and the reinforcement ratio. Briefly, the plots in the figure verify that, XGB model provides high prediction performance by showing minimum bias across the mechanical properties. Also it outperforms simpler models (like KNN) in capturing non-linear reinforcement effects in polymer nanocomposites.

Table 4. Performance metrics for ML Models

Mechanical Properties	DT			SVR			KNN			XGB		
	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE
Tensile Modulus	0,92	41,396	63,776	0,84	69,1	95,6	0,81	78,5	105,3	0,986	19,52	26,69
Tensile Strength	0,83	3,660	4,160	0,63	5,3	6,8	0,65	5,1	6,4	0,971	1,53	1,72
Flexural Modulus	0,84	67,532	97,194	0,59	120,7	156,4	0,54	140,7	180,4	0,949	45,31	55,22
Flexural Strength	0,76	5,149	6,976	0,41	9,6	12,2	0,37	10,4	13	0,955	2,15	3,05
Impact Strength	0,94	160,330	203,328	0,72	285,3	360,1	0,71	310,6	385,9	0,983	75,54	104,74

Table 4 provides the performance metrics (R^2, MAE (Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Squared Error)) of all machine learning algorithms used in the present research (DT, SVR, KNN, XGB) employed to predict the mechanical properties of PC-PBT based nanocomposites. For all material properties, XGB provided the best predictions with R2=0.986, 0.971, 0.949, 0.955 and 0.983 for tensile modulus, tensile strength, flexural modulus, flexural strength and impact strength predictions, respectively. XGB was followed by DT, SVR and KNN in terms of performance metrics. These results reflect the XGB model's capability in modelling non-linear reinforcement effects in polymer nanocomposites. The consistently poorer results demonstrated by SVR and KNN, particularly for flexural behavior imply that these models fail to capture the complex microstructural influences of nanofillers. Accordingly, ensemble-based models such as XGB and DT have been found to be more suitable for predicting mechanical properties of polymer nanocomposites, due to their capacity to model complex nonlinear behaviors and their flexibility.

Correlation Heatmap

The correlation Heatmap prepared by Python software for experimental input and output parameters is shown in Figure 5. The consistently low correlation values ($|r| < 0.20$) indicate that, composition (reinforcement ratio) is not the only determinant of the mechanical properties in polymer nanocomposites. It is verified by this plot that, other factors such as filler dispersion quality, microstructural uniformity and interfacial adhesion likely play major roles in determining the mechanical behavior (Olonisakin et al., 2022; Zulkarnain et al., 2025). This finding implies that, after determining an optimum filler ratio, tailoring of nanofiller-matrix interactions may be more suitable for optimization of the balance between stiffness, strength, and toughness in advanced polymer nanocomposites.

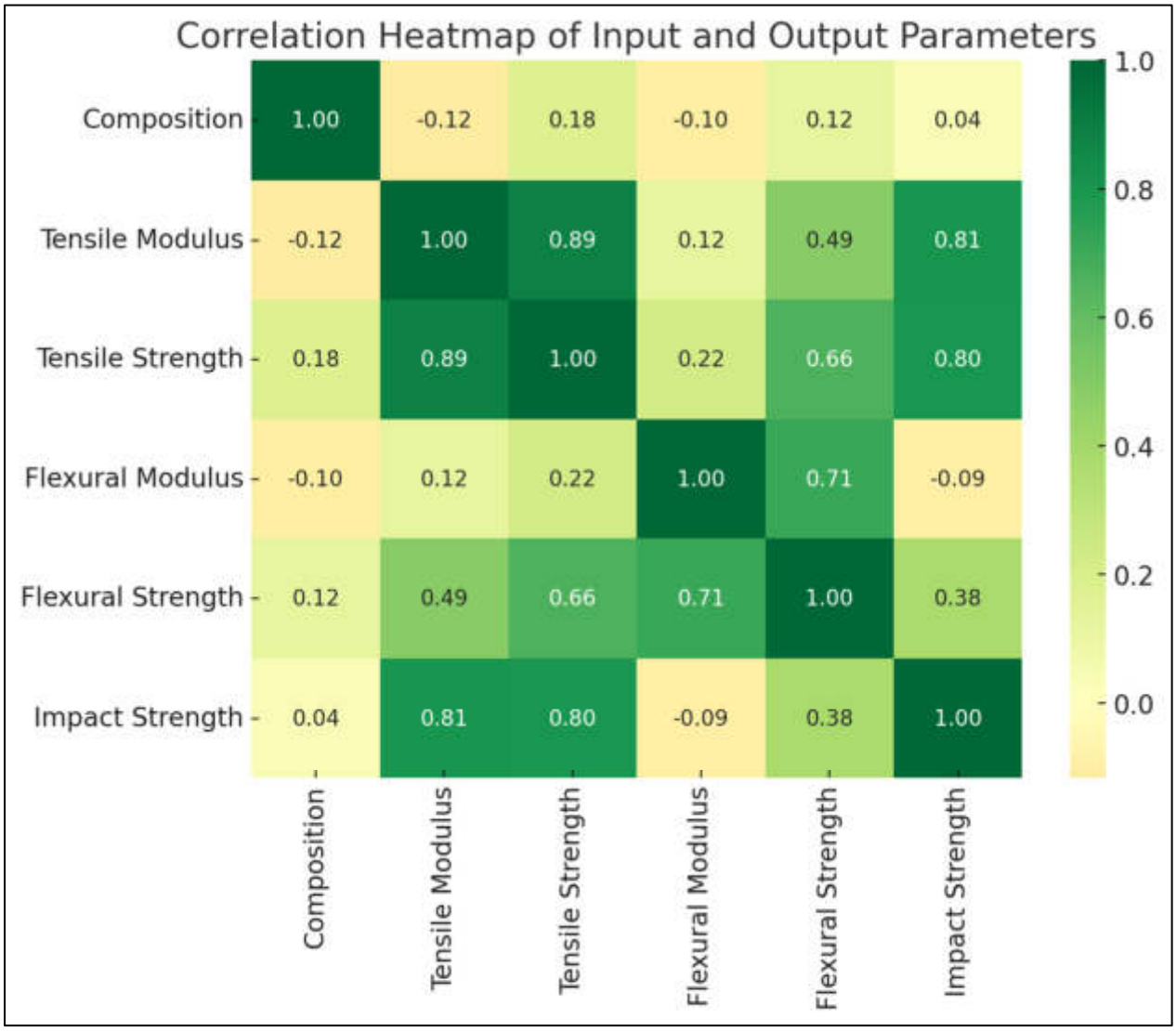


Figure 5. Correlation heatmap for experimental input and output parameters.

Autocorrelation of Residuals

The autocorrelation of residuals plot prepared using Python software for XGB model shown in Figure 6 shows that, for all mechanical properties (tensile modulus, tensile strength, flexural modulus, flexural strength, and impact strength), the residuals randomly oscillate around zero point and fall within the 95% confidence bounds after lag 1. Thus it can be stated that, for XGB model predictions, no systematic serial correlation remains in the errors. For the tensile modulus and tensile strength predictions, the residuals exhibit very low correlation beyond lag 1, indicating that, XGB model successfully captured most of the underlying patterns without leaving structured errors. For flexural modulus and flexural strength predictions, there are minor negative spikes present at small lags, however these remain within the confidence bounds. Thus only slight underfitting tendencies are confirmed around localized regions. For the impact strength predictions, the residuals are also randomly distributed without persistent correlations which confirms a robust behavior for modelling nonlinear relationships. In the plot, the absence of strong or consistent autocorrelations suggest that, XGB model effectively generalizes the experimental data.

For polymer nanocomposites studies, it can be thus stated that, XGB can successfully model complex relationships between filler type, reinforcement ratio and mechanical response without leaving unmodelled patterns in residuals.

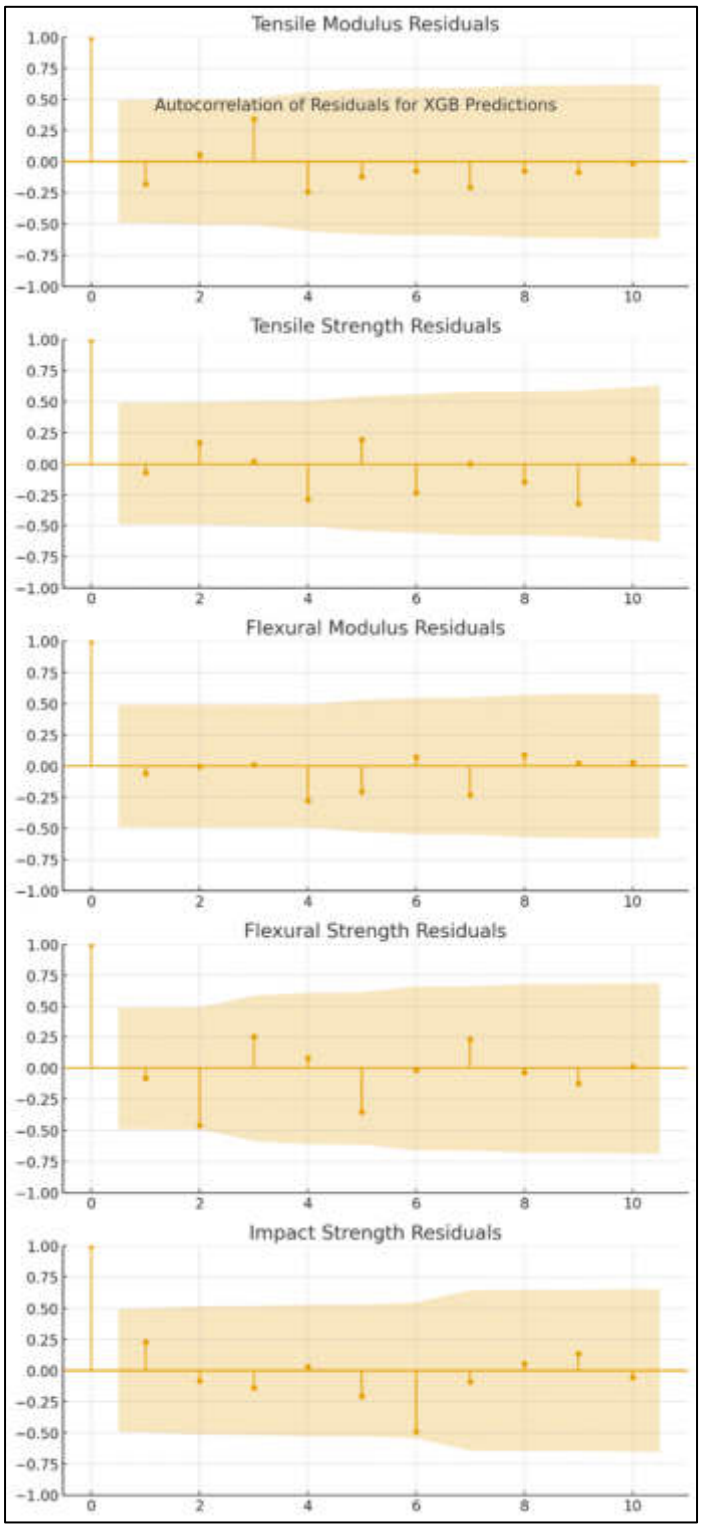


Figure 6. Autocorrelation of Residuals Plot for XGB model predictions.

CONCLUSION

This study comparatively evaluates four machine learning models (DT, SVR, KNN and XGB) for prediction of the mechanical properties of PC-PBT based nanocomposites. The prediction results demonstrate that, the models' performances are strongly influenced by nanofiller type and reinforcement ratio parameters. Among the four ML approaches, Extreme Gradient Boosting (XGB) consistently provided the best accuracy as reflected by highest R2 values and lowest error metrics across the tensile, flexural and impact properties. Decision Tree (DT) also demonstrated reliable predictions, however it was inclined to moderate overfitting. Support Vector Regression (SVR) offered reasonable generalization for tensile and impact properties, however it showed limitations in prediction of flexural properties. K-Nearest Neighbors (KNN) consistently produced the weakest prediction results likely due to its sensitivity to sparse and nonlinear data distributions. The correlation analysis shows that, there are strong positive relationships between the experimental output values, highlighting that, enhancements in stiffness are generally accompanied by improvements in strength and toughness. On the other hand, weaker correlations were found for flexural properties, which is consistent with flexural properties' higher dependence on filler dispersion and the resulting microstructural homogeneity. The autocorrelation analysis for XGB also verified the absence of systematic error structures, thus indicating robust generalization with no serial correlation in residuals. Overall, the results verify the suitability of tree-based ensemble learning methods such as XGB and DT for accurate modelling of complex reinforcement effects in polymer nanocomposites.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author acknowledges the support by TUBİTAK under grant no. 123M666.

REFERENCES

Acito, F. (2023). k Nearest Neighbors. *Predictive Analytics with KNIME*, 209–227. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45630-5_10

Baek, K., Hwang, T., Lee, W., Chung, H., & Cho, M. (2022). Deep learning aided evaluation for electromechanical properties of complexly structured polymer nanocomposites. *Composites Science and Technology*, *228*, 109661. https://doi.org/10.1016/J.COMPSCITECH.2022.109661

Cao, X., Zhang, Y., Sun, Z., Yin, H., & Feng, Y. (2026). Machine learning in polymer science: A new lens for physical and chemical exploration. *Progress in Materials Science*, *156*, 101544. https://doi.org/10.1016/J.PMATSCI.2025.101544

Champa-Bujaico, E., Díez-Pascual, A. M., Lomas Redondo, A., & Garcia-Diaz, P. (2024). Optimization of mechanical properties of multiscale hybrid polymer nanocomposites: A combination of experimental and machine learning techniques. *Composites Part B: Engineering*, *269*, 111099. https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2023.111099

França, R. P., Borges Monteiro, A. C., Arthur, R., & Iano, Y. (2021). An overview of deep learning in big data, image, and signal processing in the modern digital age. *Trends in Deep Learning Methodologies: Algorithms, Applications, and Systems*, 63–87. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822226-3.00003-9

Hente, A., Arash, B., Jux, M., & Rolfes, R. (2025). Enhancement of fracture properties of amorphous polymers by nanoparticles: A machine-learning assisted coarse-grained model. *Materials Today Communications*, *48*, 113185. https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2025.113185

Jain, A. (2024). Machine learning in materials research: Developments over the last decade and challenges for the future. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, *33*, 101189. https://doi.org/10.1016/J.COSSMS.2024.101189

Kiangala, S. K., & Wang, Z. (2021). An effective adaptive customization framework for small manufacturing plants using extreme gradient boosting-XGBoost and random forest ensemble learning algorithms in an Industry 4.0 environment. *Machine Learning with Applications*, *4*, 100024. https://doi.org/10.1016/J.MLWA.2021.100024

Liu, Y., Zheng, W., Ai, H., Zhou, H., Feng, L., Cheng, L., Guo, R., & Song, X. (2024). Application of machine learning in predicting the thermal conductivity of single-filler polymer composites. *Materials Today Communications*, *39*, 109116. https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2024.109116

Luo, K., Luo, W., Zuo, J., Xiao, J., Jiang, T., Huang, L., & Zhang, W. (2025). Machine learning for predicting tensile properties in graphene-reinforced polyethylene composites. *Materials Today Communications*, *47*, 113053. https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2025.113053

Nussbaum, M. (2023). Machine learning and processing of large data. *Encyclopedia of Soils in the Environment, Second Edition*, 509–520. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00065-3

Olonisakin, K., fan, M., Xin-Xiang, Z., Ran, L., Lin, W. S., Zhang, W., & Wenbin, Y. (2022). Key Improvements in Interfacial Adhesion and Dispersion of Fibers/Fillers in Polymer Matrix Composites; Focus on PLA Matrix Composites. *Composite Interfaces*, *29*(10), 1071–1120. https://doi.org/10.1080/09276440.2021.1878441

Özdemir Öge, T. (2024). tuba-bildiri-tek isim-son.pdf. In A. G. Raul D.S.G. CAMPILHO (Ed.), *Evaluation of Electrical and Thermal Conductivity Improvements in PC-PBT Blends Reinforced with Hybrid MWCNT Nanofillers* (pp. 263–272). BZT ACADEMY PUBLISHING HOUSE. https://doi.org/10.5281/zenodo.13169826

Özdemir Öge, T. (2025). Enhancement and Machine Learning-Based Prediction of Tribological Properties of PC/PBT/GNPs Nanocomposites. *ACS Omega*. https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.5C02538/ASSET/IMAGES/LARGE/AO5C02538_0023.JPEG

Patel, Y., Joshi, U., Jain, P., Joshi, A., Thakor, S., & Parikh, S. (2024). Tribological performance of graphene oxide reinforced PEEK nanocomposites with machine learning approach. *Results in Engineering*, *24*, 103423. https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2024.103423

Raiaan, M. A. K., Sakib, S., Fahad, N. M., Mamun, A. Al, Rahman, M. A., Shatabda, S., & Mukta, M. S. H. (2024). A systematic review of hyperparameter optimization techniques in Convolutional Neural Networks. *Decision Analytics Journal*, *11*, 100470. https://doi.org/10.1016/J.DAJOUR.2024.100470

Rodríguez-Pérez, R., & Bajorath, J. (2022). Evolution of Support Vector Machine and Regression Modeling in Chemoinformatics and Drug Discovery. *Journal of Computer-Aided Molecular Design*, *36*(5), 355–362. https://doi.org/10.1007/S10822-022-00442-9/FIGURES/5

Ronchi, R. M., de Lemos, H. G., Nishihora, R. K., Cuppari, M. G. D. V., & Santos, S. F. (2023). Tribology of polymer-based nanocomposites reinforced with 2D materials. *Materials Today Communications*, *34*, 105397. https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2023.105397

Tuba Özdemir, G. E., & Mecit, G. E. (2025). Prediction of Tribological Properties of PC-PBT/GNP-MWCNT Nanocomposites Using Machine Learning Models. *Journal of Applied Polymer Science*, *142*(18), e56834. https://doi.org/10.1002/APP.56834

Xia, Y., Jiang, S., Meng, L., & Ju, X. (2024). XGBoost-B-GHM: An Ensemble Model with Feature Selection and GHM Loss Function Optimization for Credit Scoring. *Systems 2024, Vol. 12, Page 254*, *12*(7), 254. https://doi.org/10.3390/SYSTEMS12070254

Yazici, İ., Shayea, I., & Din, J. (2023). A survey of applications of artificial intelligence and machine learning in future mobile networks-enabled systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *44*, 101455. https://doi.org/10.1016/J.JESTCH.2023.101455

Zhang, F., & O'Donnell, L. J. (2019). Support vector regression. *Machine Learning: Methods and Applications to Brain Disorders*, 123–140. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815739-8.00007-9

Zulkarnain, M., Harny, I., & Damanhuri, A. A. M. (2025). Interphase investigation of modified McLachlan model and the 3D finite element method for electrical conductivity. *Heliyon*, *11*(1), e41621. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E41621

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PROSES VERİMLİLİĞİNİ ARTIRMAYA YÖNELİK YENİLİKÇİ PROSES YARDIMCI MASTERBATCH GELİŞTİRİLMESİ

Nahide Elif AŞCI KIYMAZ
İşbir Sentetik Dokuma San. A.Ş.
ORCID0000-0002-2059-3937

Betül GÜLGEÇ
İşbir Sentetik Dokuma San. A.Ş.
ORCID: 0009-0002-4922-0795

ÖZET

Bu çalışmada, ekstrüzyon proseslerinde karşılaşılan yüzey bozuklukları, kalıp kirliliği ve üretim duruşlarını azaltmaya yönelik olarak floropolimer bazlı proses yardımcı masterbatch geliştirilmiş; geleneksel iç ve dış kaydırıcılara alternatif, daha etkili bir katkı sisteminin tasarımı hedeflenmiştir. Araştırma kapsamında öncelikle proses yardımcı katkıların genel yapısı, çalışma prensipleri ve endüstriyel kullanım alanları literatür taraması ile değerlendirilmiştir. Blown film ve tape ekstrüzyon hatlarında yaygın olarak kullanılan iç ve dış kaydırıcıların avantajları ve sınırlılıkları incelenmiştir.

Proses yardımcı katkılar; polimerin eriyik akış davranışını iyileştirerek yüzey hatalarını azaltmak, kalıp yüzeyinde biriken yanık artıklarını önlemek ve üretim sürekliliğini artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak geleneksel katkı sistemleri çoğunlukla sıcaklık, matris yapısı ve süreye bağlı olarak göç davranışı gösterdiğinden, uzun süreli üretimlerde etkileri sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle daha kararlı ve etkili bir çözüm sunmak amacıyla bu projede floropolimerler tercih edilmiştir.

Floropolimer bazlı proses yardımcıların en önemli teknik üstünlüğü, çok düşük yüzey enerjileri sayesinde kalıp yüzeyine yapışmayı engelleyerek “melt fracture” ve “shark skin” gibi yüzey bozulmalarını minimize etmesidir. İç kaydırıcılardan farklı olarak matris içinde çözünmezler, dış kaydırıcılar gibi zamanla yüzeye göç etmezler. Bunun yerine, ekstrüzyon sırasında kalıp-metal arayüzeyinde düzenli ve kararlı bir film oluşturarak sürtünmeyi azaltır, kalıp birikimini önler ve üretim hattı basıncının düşürülmesine olanak tanır. Bu yapı sayesinde hem ürün kalitesi artmakta hem de üretim sürekliliği sağlanmaktadır.

Geliştirilen floropolimer bazlı masterbatch %1 oranında farklı reçetelere uygulanmış ve blown film ile tape ekstrüzyon hatlarında test edilmiştir. Tape üretiminde, kalıp temizliği gerektiren duruş aralıkları 8–10 saatten 72–80 saate kadar uzatılmış; üretim hattında kesintisiz çalışmaya olanak sağlanmıştır. Blown film üretiminde ise film yüzeyindeki çizgilenmelerin belirgin biçimde azaldığı, ayrıca yüzey parlaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın özgün yönü, floropolimer katkının sadece dış yüzey yağlayıcı etkisiyle sınırlı kalmaması; matris içerisinde çözünmeden, kalıp-metal arayüzeyinde kontrollü bir tabaka oluşturarak sürtünme direncini azaltması ve bu sayede uzun süreli ve kararlı bir performans göstermesidir. Literatürde genellikle kaydırıcı katkılarla ilgili çalışmalar, göç eden katkıların kısa vadeli etkilerine odaklanırken, bu çalışmada kalıcı yüzey etkisi oluşturan floropolimer yapının düşük dozajda bile proses performansını artırabileceği gösterilmiştir. Böylelikle hem ürün kalitesinde iyileşme sağlanmış hem de üretim hattında bakım duruşlarının azaltılmasıyla proses verimliliği optimize edilmiştir.

Bu çalışma, yüksek performanslı proses yardımcı katkıların tasarımı ve proses mühendisliği açısından önemli bir araştırma yönü sunmakta; sürdürülebilir ve kesintisiz üretim hedeflerine katkı sağlayacak yenilikçi bir yaklaşımı literatüre kazandırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Proses Yardımcı Masterbatch, Floropolimer, Blown Film, Tape Ekstrüzyonu, Proses Optimizasyonu

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE PROCESSING AID MASTERBATCH FOR ENHANCING PROCESS EFFICIENCY

ABSTRACT

In this study, a fluoropolymer-based process aid masterbatch was developed to reduce surface defects, die contamination, and production downtimes encountered in extrusion processes. The aim was to design a more effective additive system as an alternative to conventional internal and external slip agents. Within the scope of the research, the general structure, working principles, and industrial application areas of process aid additives were evaluated through a comprehensive literature review. The advantages and limitations of commonly used internal and external slip agents in blown film and tape extrusion lines were analyzed.

Process aid additives are widely used to improve the melt flow behavior of polymers, minimize surface defects, prevent burnt residue accumulation on die surfaces, and enhance production continuity. However, conventional additive systems often exhibit migration behavior depending on temperature, matrix structure, and time, which limits their long-term effectiveness. For this reason, fluoropolymers were selected in this project to provide a more stable and effective solution.

The most significant technical advantage of fluoropolymer-based process aids lies in their extremely low surface energy, which prevents adhesion to die surfaces and minimizes surface defects such as "melt fracture" and "shark skin". Unlike internal lubricants, they do not dissolve in the polymer matrix, and unlike external lubricants, they do not migrate to the surface over time. Instead, during extrusion, they form a uniform and stable film at the polymer-metal interface, reducing friction, preventing die buildup, and enabling a decrease in extrusion pressure. This structure enhances both product quality and process continuity.

The developed fluoropolymer-based masterbatch was applied at a 1% ratio in various formulations and tested on blown film and tape extrusion lines. In tape production, the cleaning intervals required for die maintenance were extended from 8–10 hours to 72–80 hours, allowing for uninterrupted operation. In blown film production, surface streaking was significantly reduced, and surface gloss was visibly improved.

The unique aspect of this study is that the fluoropolymer additive not only functions as a surface lubricant but also reduces interfacial friction through a controlled and persistent layer at the die-metal interface, without dissolving in the matrix. While most studies in the literature focus on short-term effects of migrating slip agents, this research demonstrates that a fluoropolymer structure capable of creating a permanent surface effect can enhance process performance even at low dosages. Consequently, improvements in product quality and reductions in maintenance downtimes contribute to overall process efficiency.

This study provides a significant research direction in the design of high-performance process aid additives and process engineering, introducing an innovative approach to the literature that supports sustainable and continuous production goals.

Keywords: Processing Aid Masterbatch, Fluoropolymer, Blown Film, Tape Extrusion, Process Optimization

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BETONUN SENTETİK LİFLER ve GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİPROPİLEN LİFLERLE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Nahide Elif AŞCI KIYMAZ
İşbir Sentetik Dokuma San. A.Ş.
ORCID: 0000-0002-2059-3937

Hasan ALKAYA
İşbir Sentetik Dokuma San. A.Ş.
ORCID: 0009-0005-0019-3150

ÖZET

Bu çalışmada, betonun mekanik dayanımını artırmak ve çatlak oluşumunu önlemek amacıyla farklı polimerik lifler araştırılmıştır. Araştırmanın yenilikçi yönü, sektörde daha önce yaygın olarak kullanılmayan, bir bigbag fabrikasında üretilen polipropilen (PP) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) tapelerin beton içerisindeki etkilerinin değerlendirilmesidir. Özellikle geri dönüştürülmüş PP liflerinin kullanımı, hem sürdürülebilir malzeme kullanımını teşvik etmekte hem de betonun ekonomik ve mekanik performansını iyileştirmektedir.

Deneyler, 15 × 15 × 60 cm boyutlarındaki kalıplarda hazırlanmış C35 beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Beton karışımında çimento, temiz su, katkı maddesi ve agrega belirlenen oranlarda kullanılmış, lifler 50 mm uzunluğunda kesilerek beton karışımına eklenmiştir. Numuneler, kalıptan çıkarıldıktan sonra yaklaşık 28 gün boyunca kirece doygun suda kürlenerek standart mukavemet değerlerine ulaşmaları sağlanmıştır. Deneylerde üç noktalı eğilme testi uygulanmış, çatlak ağzı açıklığı deplasmanı (CMOD) ve limit eğilme dayanımı (LOP) değerleri ölçülmüştür.

İlk denemelerde (4 kg/m³) virgin PP, geri dönüştürülmüş PP ve HDPE lifleri karşılaştırılmış ve geri dönüştürülmüş PP liflerinin performansı uygun bulunmuştur. Literatürdeki 6 kg/m³ referans değerleriyle kıyaslandığında, geri dönüştürülmüş liflerin düşük maliyet ve sürdürülebilirlik avantajı sağladığı görülmüştür. Bu bulgular doğrultusunda, ikinci denemelerde geri dönüştürülmüş PP lifleri 6 kg/m³ yoğunlukta arttırılmış fiber oranının (6 kg/m³) etkisini inceleyebilmek amacıyla uygulanmıştır.

İkinci denemede, 2 adet boş beton numunesi referans olarak hazırlanmış ve C35 betonun gerektirdiği mekanik özellikleri karşıladığı gözlemlenmiştir. Üçlü liflerden oluşan geri dönüştürülmüş PP numuneleri (2-1, 2-2, 2-3) ise ilk denemeye kıyasla lif yoğunluğu artırılarak test edilmiştir. Eğilme mukavemetinde az da olsa bir artış görülmüş, ancak fiberlerin beton ile aderans bölgelerinde hafif topaklanma eğilimi göstermesi ve homojen dağılımın tam sağlanamaması nedeniyle performans beklenilen seviyede olmamıştır. Tekli liflerden oluşan numuneler (3-1, 3-2, 3-3) ise ortalama olarak en iyi performansı sağlamıştır; adet olarak daha fazla lif içerdiği için beton içerisine daha homojen dağılmış ve LOP değerlerinde artış gözlenmiştir. Buna karşın, referans alınabilecek diğer üretici numunelerine göre performans hâlâ düşük seviyelerde kalmıştır. En ince fiberlerden (1/8 kıl) oluşan numuneler (4-1, 4-2, 4-3) ise karışım sırasında ve mikserde topaklanma eğilimi göstermiştir. Bu durum, homojen dağılımın sağlanamamasına yol açmış, ilk iki numune beklenildiği gibi düşük performans verirken üçüncü numune mukavemet açısından iyi sonuç göstermiştir.

Bu sonuçlar, lif yoğunluğunun betonun mekanik performansı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir; 4 kg/m³ ve 6 kg/m³ uygulamalarının karşılaştırılması, lif yoğunluğunun artırılmasının eğilme mukavemetinde az da olsa bir iyileşme sağladığını ortaya koymuştur.

Ayrıca, geri dönüştürülmüş PP liflerinin beton içerisindeki şekil ve dağılımının performans üzerinde kritik etkisi olduğunu göstermektedir. Tekli lifler homojen dağılım sağlayarak çatlak oluşumunu geciktirmekte, kıl fiberler ise homojen dağılım sağlanamadığında performans düşüklüğüne neden olmaktadır. Çalışma, beton liflerinin performansını artırmak amacıyla geri dönüştürülmüş malzemelerin ve daha önce kullanılmamış üretim kaynaklarının uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır. Araştırmanın bulguları, betonun uzun ömürlü ve dayanıklı yapılarda kullanılabilirliğini artırmakta ve inşaat sektöründe yenilikçi, ekonomik ve sürdürülebilir malzeme çözümleri için yol göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Takviyeli Beton, Sentetik Lifler, Geri Dönüştürülmüş Polipropilen (rPP), Eğilme Mukavemeti.

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH SYNTHETIC FIBERS AND RECYCLED POLYPROPYLENE FIBERS

ABSTRACT

In this study, various polymeric fibers were investigated to enhance the mechanical strength of concrete and prevent crack formation. The innovative aspect of the research lies in evaluating the effects of polypropylene (PP) and high-density polyethylene (HDPE) tapes, produced in a bigbag manufacturing facility, which have not been widely used in the sector before, within the concrete matrix. In particular, the use of recycled PP fibers promotes sustainable material usage while improving the economic and mechanical performance of concrete.

The experiments were conducted on C35 concrete specimens prepared in molds with dimensions of 15 × 15 × 60 cm. The concrete mix included cement, clean water, additives, and aggregate in specified proportions, and fibers were cut to 50 mm in length before incorporation into the mix. After demolding, the specimens were cured in lime-saturated water for approximately 28 days to achieve standard strength values. Three-point bending tests were performed to measure crack mouth opening displacement (CMOD) and limit of proportionality (LOP) values.

In the first trials (4 kg/m³), virgin PP, recycled PP, and HDPE fibers were compared, and recycled PP fibers were found to provide suitable performance. Compared with literature reference values at 6 kg/m³, recycled fibers demonstrated advantages in terms of lower cost and sustainability. Based on these findings, in the second trials, recycled PP fibers were applied at 6 kg/m³ to evaluate the sustainability of the initial 4 kg/m³ application and to investigate the effect of the increased fiber dosage.

In the second trial, two plain concrete specimens were prepared as references and met the mechanical properties required for C35 concrete. Recycled PP specimens with triple fiber bundles (2-1, 2-2, 2-3) were tested with increased fiber content compared to the first trial. A slight improvement in flexural strength was observed; however, fiber clumping in the adhesion zones and incomplete homogeneous distribution resulted in performance below expectations. Specimens with single fibers (3-1, 3-2, 3-3) exhibited the best average performance; due to the higher number of fibers, they were more evenly distributed within the concrete, showing increased LOP values. Nevertheless, performance remained below that of reference specimens from other manufacturers. Specimens with the thinnest fibers (1/8 strands, 4-1, 4-2, 4-3) tended to clump both before and during mixing, resulting in non-uniform distribution. The first two specimens showed lower-than-expected performance, while the third specimen achieved good strength, indicating variability due to inhomogeneous mixing.

These results indicate that fiber dosage has a notable effect on the mechanical performance of concrete; comparing 4 kg/m³ and 6 kg/m³ applications reveals that increased fiber content leads to slight improvements in flexural strength. Furthermore, the shape and distribution of recycled PP fibers within the concrete play a critical role in performance. Single fibers ensure homogeneous distribution and delay crack formation, whereas strand fibers can reduce performance if uniform dispersion is not achieved. This study demonstrates the feasibility of using recycled materials and previously unused production sources to enhance the performance of concrete fibers. The findings suggest that these approaches can improve the durability and longevity of concrete structures while offering innovative, economical, and sustainable solutions for the construction industry.

Keywords: Reinforced Concrete, Synthetic Fibers, Recycled Polypropylene (rPP), Flexural Strength.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ULTRASONİK İLE TERMOPLASTİK KESİMİ İÇİN YERLİ KAFA İMALATI

Mehmet ZEYBEK
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0000-0002-1275-610X

Gökhan BİÇER
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0007-3721-6875

ÖZET

Bu çalışmada, termoplastik ambalaj film ve dokuma ürünlerinin kesimi için kullanılan sarf malzemesi niteliğindeki ultrasonik kafaların yerli imalatı, arge merkezi imkanları ile değerlendirilmiştir. Genel anlamda, ultrasonik frekans 20kHz ile birkaç GHz aralığında tanımlanmış olmakla birlikte, ambalaj malzemelerinde yoğunlukla kullanılan termoplastik poliolefin malzemelerin yarı kristal yapısı göz önünde bulundurularak, çalışma frekansı 35Khz olarak seçilmiştir.

İlk aşamada, ultrasonik ölçüm teknikleri araştırılmış ve belirlenen yöntem doğrultusunda tedarik edilen malzemenin ses iletim hızı, uygun bir osiloskop ve sinyal jeneratörü yardımı ile ölçülmüştür. Bu verilere dayanarak, hedeflenen çalışma frekansına uygun dalga boyu üzerinden ultrasonik kafa uzunluğu hesaplanmıştır.

İki kademeli olarak tasarlanan ultrasonik kafanın, 3 boyutlu olarak hazırlanan çizimler üzerinden, malzeme özellikleri doğrultusunda frekans analizi yapılmıştır. Devamında cnc tezgâhta işlenerek prototip ultrasonik kafa üretimi gerçekleştirilmiştir. İmal edilen prototip kafalar, bir seri frekans ölçümü ve mekanik aşındırma yapılarak hedef çalışma frekansına uyumlu hale getirilmiştir. Frekans hesaplamaları ile mekanik işlemeden sonra yapılan frekans ölçümleri uyumlu çıkmakla birlikte, kafanın net bir şekilde çalışma frekansına ayarlanabilmesi için mevcut toleranslar dahilinde mekanik işlemenin birkaç adımda yapılması gerektiği tespit edilmiştir. Aksi durumda, tek adımda yapılan mekanik aşındırma işleminde, çalışma frekansında sapma oranının arttığı gözlenmiştir.

Ultrasonik ölçüm tekniğinin araştırılması ve uygulanması, çalışmanın arge niteliğini ortaya koymakta, yerli ve piyasada mevcut metal malzemeler ile imal edilmesi ise çalışmanın yenilikçi yönünü vurgulamaktadır. İmal edilen bir düzine ultrasonik kafa, sahada üretim ekipmalarında doğrulama için devreye alınmış ve bir yılı aşkın süredir sorunsuz bir şekilde kullanıma devam edilmektedir.

Bu çalışma ile ultrasonik kafaların yerli imkanlarla, hedeflenen teknik özelliklerde üretilebileceği gösterilmiştir. Devam eden süreçte, örs malzemesi prototip denemeleri de planlanmakta olup, ultrasonik ünitelerde sarf malzemesi olan kafa ve örsün bir takım olarak, tamamen yerli üretimi mümkün hale gelecektir.

Anahtar Kelimeler: Termoplastik poliolefin malzeme kesimi, ultrasonik kafa, frekans analizi

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DOMESTIC PRODUCTION OF ULTRASONIC SONOTRODES FOR THERMOPLASTIC CUTTING

ABSTRACT

This study evaluates the domestic production of ultrasonic sonotrodes, consumable components used in the cutting of thermoplastic polyolefine packaging films and woven products, utilizing the capabilities of a local R&D center. Although ultrasonic frequencies are generally defined within the range of 20 kHz to several GHz, a working frequency of 35 kHz was selected, considering the semi-crystalline structure of thermoplastic polyolefine materials commonly used in packaging applications.

In the initial phase, ultrasonic measurement techniques were investigated, and the sound propagation velocity of the selected material was measured using an appropriate oscilloscope and signal generator. Based on these frequency measurement, the length of the ultrasonic sonotrode was calculated according to the wavelength corresponding to the target frequency.

Two staged sonotrode was designed and analyzed for frequency response using 3D modeling and material specific simulations. Prototypes were then manufactured via CNC machining. These prototype sonotrodes underwent frequency testing and mechanical tuning to ensure compatibility with the target operating frequency. Although post-machining frequency measurements were consistent with theoretical calculations, it was found that, multi-step mechanical processing within defined tolerances was necessary for precise frequency alignment. Single step machining led to increased deviation from the desired frequency.

The exploration and implementation of ultrasonic measurement techniques underscore the research-oriented nature of the study, while the use of locally sourced metal materials highlights its innovative approach. A batch of twelve ultrasonic sonotrodes were deployed in production equipment for field validation and has been operating reliably for over a year.

This work demonstrates that ultrasonic sonotrodes can be manufactured domestically with the required technical specifications. Future efforts will include prototype testing of anvil materials, aiming to enable the complete local production of ultrasonic sonotrode-anvil sets as consumable components in ultrasonic systems.

Keywords: Thermoplastic polyolefine material cutting, ultrasonic sonotrode, frequency analysis.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MİGRE OLAN SLİP KATKILARIN POLYOLEFİN FİLMLERİN SÜRTÜNME PERFORMANSINA ETKİSİ: OLEAMİD VE ERUKAMİD KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Mehmet ZEYBEK
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0000-0002-1275-610X

ÖZET

Polyolefin bazlı ambalaj filmleri, yüksek yüzey enerjileri nedeniyle üretim sırasında hem birbirlerine hem de metal ekipman yüzeylerine yapışma eğilimindedir. Bu durum, üretim hattında aksamalara neden olarak, hem işlem verimliliğini düşürmekte hem de nihai ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu yapışma eğilimini engellemek amacıyla, film yüzeyindeki sürtünme katsayısını (CoF) azaltma amacı ile slip katkılar kullanılır. Özellikle migre olma özelliğine sahip dış kaydırıcılar, film yapısına uygun şekilde seçildiklerinde üretim verimliliğini artırmakta ve ekipman ömrünü uzatmaktadır.

Bu çalışmada, oleamid ve erukamid içeren slip katkıların LDPE ve LLDPE gibi farklı polimerik matrislerdeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Molekül büyüklüğü migrasyon süresini doğrudan etkilerken, oleamid gibi düşük molekül ağırlıklı katkılar daha kısa sürede yüzeye ulaşarak hızlı etkinlik gösterir. Buna karşılık, erukamid içeren katkılar daha yavaş migrasyona sahip olmakla birlikte uzun süreli üretimlerde daha kalıcı ve dengeli bir kayganlık sağlayabilir. Polimer kristalliği, migrasyon hızını belirleyen diğer önemli faktördür. Düşük kristalli yapıya sahip LDPE gibi polimerlerde migrasyon süreci daha hızlı gerçekleşirken, HDPE gibi yüksek kristalli yapılarda katkıların etkinliğe ulaşma süresi daha uzundur.

Deneysel çalışmada, çift vidalı ekstrüder kullanılarak üretilen slip masterbatch yaklaşık bir ay boyunca üç farklı blown film hattında kullanılmıştır. Üretilen filmlerin CoF değerleri ASTM D1894-14 standardına göre ölçülmüş; zamanla değişen sürtünme katsayısı grafikleri ile migrasyonun etkinliği değerlendirilmiştir. Test sonuçları, oleamid içeren filmlerde hızlı etkinlik gözlemlendiğini; erukamid katkılı filmlerde ise daha uzun süreli performans sağlandığını göstermektedir. Kaynaklanabilirlik testlerinde ise katkıların film yapısına mekanik dayanım kattığı gözlemlenmiştir.

Ayrıca, üretim sürecindeki dozajlama, antioksidan dağılımı ve peletleme sistemindeki teknik detaylar göz önünde bulundurularak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu parametreler ışığında, slip katkıların seçiminde hem polimer yapısı hem de hedeflenen üretim döngüsü dikkate alınarak optimizasyon yapılmasının önemi vurgulanmaktadır. Bu çalışma, migrasyon süresi ve CoF performansı odağında slip katkıların işlevselliğini somut verilerle ortaya koyarak endüstriyel üretim süreçlerinin yönetilmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Polyolefin filmler, Slip katkılar, Oleamid, Erukamid, Sürtünme katsayısı (CoF), Migrasyon süresi.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

MIGRATION BEHAVIOR AND FRICTION PERFORMANCE OF SLIP ADDITIVES IN POLYOLEFIN FILMS: A COMPARATIVE STUDY OF OLEAMIDE AND ERUCAMIDE

ABSTRACT

Polyolefin based packaging films tend to adhere to each other and to metal surfaces during production due to their high surface energy. This adhesion can lead to disruptions in the production line and reduce process efficiency and negatively impact final product quality. To mitigate this issue, slip additives are employed. These additives reduce the coefficient of friction (CoF) on the film surface, thereby enhancing processability and surface performance. In particular, external slip agents with migratory properties can significantly improve production efficiency and extend equipment lifespan when appropriately selected for the film structure.

This study presents a comparative analysis of slip additives containing oleamide and erucamide in different polymer matrices such as LDPE and LLDPE. Molecular size directly influences migration time. Low molecular weight additives like oleamide, reach the surface more quickly, offering rapid effectiveness. In contrast, erucamide-based additives, migrate more slowly but provide more stable and long lasting slip performance in extended production cycles. Polymer crystallinity is another critical factor affecting migration rate. In low crystallinity polymers such as LDPE, migration occurs more rapidly, whereas in highly crystalline structures like HDPE, the time required for additive activation is longer.

In the experimental phase, slip masterbatch produced using a twin screw extruder was applied over a month period across three different blown film lines. The CoF values of the resulting films were measured according to ASTM D1894-14, and the effectiveness of migration was evaluated through time dependent friction coefficient graphs. The test results indicated rapid activation in oleamide containing films, while erucamide based films demonstrated more sustained performance. Sealability tests also revealed that the additives contributed to the mechanical strength of the film structure.

Additionally, parameters such as dosing during production, antioxidant distribution, and technical details of the pelletizing system were considered in evaluating the results. Based on these factors, the study emphasizes the importance of optimizing slip additive selection by considering both polymer structure and targeted production cycles. By focusing on migration time and CoF performance, this research provides concrete data on the functionality of slip additives and contributes to the management of industrial production processes.

Keywords: Polyolefin films, Slip additives, Oleamide, Erucamide, Coefficient of friction (CoF), Migration behavior.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ENDÜSTRİYEL OTOMASYONDA HİBRİT IIOT TABANLI AKILLI VERİ TOPLAMA VE KONTROL SİSTEMİ (IDAS)

Burak IŞIK
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0007-0456-366X

Ahmet Mücahit ÇOLAK
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0009-7391-6814

ÖZET

Endüstri 4.0 yaklaşımıyla birlikte, Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri endüstriyel otomasyonun ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistem, genel IoT çözümlerinden farklı olarak, endüstriyel ortamların özel ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmış IIoT (Endüstriyel Nesnelerin İnterneti) tabanlı hibrit bir mimari sunmaktadır.

Modern üretim hatlarında kullanılan IIoT cihazları, genellikle sensör verilerini toplayıp merkezi veri tabanlarına aktarır. Ancak mevcut çözümler çoğunlukla sadece veri toplama ve iletim işleviyle sınırlı kalmakta; Kontrolör seviyesinde doğrudan makine kontrolü sunamamaktadır. Bu durum, süreç otomasyonu ve acil durumlarda kesintisiz operasyon ihtiyacını karşılamada eksiklik yaratmaktadır.

Akıllı Veri Toplama Sistemi (IDAS), IoT veri toplama yeteneklerini mikrodenetleyici tabanlı gerçek zamanlı kontrol ile birleştirmektedir. Kompakt yapısıyla farklı makinelerle hızlı entegrasyon sağlar. Sistemlerin çalışma mantıklarına göre konfigüre edilebilir ve ilgili süreçlerde aktif bir rol almaktadır. Sistem, makinenin operasyon döngüsünü belirli algoritmalar ile yorumlanarak kontrolör seviyesinde kontrol ve komut yeteneği kazanır; ayrıca süreç verilerinin kapsamlı izlenmesine olanak tanır.

Toplanan veriler yerleşik analiz algoritmalarıyla işlenip önceden belirlenen koşullar sağlandığında WiFi üzerinden merkezi sunucuya iletilir. İletişim aksaklıklarının olmadığı durumlarda IDAS, sunucuya bağlı “slave” cihaz olarak çalışırken; sorun yaşandığında kontrolü devralıp “master” cihaz gibi işlev görür ve önceden tanımlanmış kontrol senaryolarını uygulayarak üretim sürecinin kesintisiz şekilde sürdürülmesini sağlar. Ayrıca bağlantı sorunlarında, çok katmanlı hafıza depolama yönetim sistemleri ile veri bütünlüğü korunur ve bağlantı sağlandığında senkronizasyon tamamlanır.

IDAS, IIoT altyapısını mikrodenetleyici tabanlı kontrol mimarisi ile entegre eden yenilikçi bir veri toplama ve kontrol çözümü sunmaktadır. Geliştirilen sistem, endüstriyel proseslerde hem veri güvenliğini hem de operasyonel sürekliliği garanti altına almakta ve “sıfır veri kaybı” hedefine ulaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, IIoT, Akıllı Veri Toplama Sistemi (IDAS), Mikrodenetleyici tabanlı kontrol, Operasyonel süreklilik, Hibrit mimari, Sıfır veri kaybı

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

HYBRID IIOT-BASED INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND CONTROL SYSTEM IN INDUSTRIAL AUTOMATION (IDAS)

ABSTRACT

With the Industry 4.0 approach, Internet of Things (IoT) technologies have become an integral part of industrial automation. The system developed in this study, unlike general IoT solutions, presents an IIoT (Industrial Internet of Things)-based hybrid architecture designed to meet the specific needs of industrial environments.

IIoT devices in modern production lines generally collect sensor data and transfer it to central databases. However, existing solutions are mostly limited to data collection and transmission; they cannot provide direct machine control at the controller level. This creates a gap in meeting the need for process automation and uninterrupted operation in emergencies.

The Intelligent Data Acquisition System (IDAS) combines IoT data acquisition with microcontroller-based real-time control. With its compact structure, it enables rapid integration with different machines. It can be configured according to system operating principles and plays an active role in processes. By interpreting the machine's operational cycle through specific algorithms, the system gains control and command capabilities at the controller level and allows comprehensive monitoring of process data.

Collected data is processed by built-in analysis algorithms and transmitted via WiFi to a central server when predetermined conditions are met. In the absence of communication failures, IDAS operates as a "slave" device connected to the server; in the event of a problem, it assumes control as a "master" device, implementing predefined control scenarios to ensure uninterrupted production. In connection issues, multi-layer memory storage systems preserve data integrity, and synchronization is completed once the connection is restored.

IDAS offers an innovative data acquisition and control solution integrating IIoT infrastructure with a microcontroller-based control architecture. The developed system ensures both data security and operational continuity in industrial processes, achieving the goal of "zero data loss."

Keywords: Industry 4.0, IIoT, Intelligent Data Acquisition System (IDAS), Microcontroller-based control, Operational continuity, Hybrid architecture, Zero data loss

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ENDÜSTRİYEL HOTMELT UYGULAMALARINDA PE LINER TERMO-MEKANİK STABİLİTESİNİN SAĞLANMASI: OTOMASYON TABANLI BİR YAKLAŞIM

Burak IŞIK
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0007-0456-366X

Ali DENİZ
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0006-8695-7808

Musa ÇELEN
İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.
ORCID: 0009-0009-8503-5635

ÖZET

Endüstriyel üretim süreçlerinde kullanılan PE liner (astar), 80–100 mikron kalınlığa sahip narin bir yapıdır ve sıcak hotmelt uygulamaları sırasında yapısında kritik değişimler meydana gelmektedir. Uygulanan sıcaklık ve mekanik gerilme etkisi, astar'ın gerginliğini doğrudan değiştirmekte; bu durum yetersiz gerginlikte katlanma ve homojen olmayan atım gibi sorunlar ortaya çıkarırken, aşırı gerginlikte ise uzama ve yırtılma sorunları gözlenmektedir. Dolayısıyla, astar'ın termo-mekanik stabilitesinin anlık olarak izlenmesi ve optimum düzeltmelerin sürekli yapılması üretim kalitesi açısından kritik bir gerekliliktir.

Bu çalışmada, manuel uygulamalarla otomasyon tabanlı sistemler karşılaştırılmış ve özellikle astar'ın gerginlik kontrolü üzerine yoğunlaşılmıştır. Otomasyon sisteminde fark transmitterleri ile anlık basınç ve vakum ölçümleri gerçekleştirilmiş, PID benzeri algoritmalar aracılığıyla optimum değerler korunmuştur. Böylece sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan ani dalgalanmalar kontrol altına alınmış, her ürün tipine özgü hacimsel gerginlik ayarlarıyla farklı ebatlarda dahi standart kalite sağlanmıştır.

Bunun yanında, otomatik sistem de hotmelt uygulaması ±%3 gramaj hassasiyeti sunarak, manuel işlemde operatör kaynaklı Hotmelt atım miktar dalgalanmalarını ortadan kaldırmıştır. Ayrıca açı takibine bağlı dozajlama sistemi ebat değişikliğinde de gramaj hassasiyetini etkilememektedir. Gramajın hassas ve dijital olarak kontrol edilebilmesi hem kaynak optimizasyonu hem de ürün bütünlüğü açısından önemli bir kazanım olmuştur.

Çalışmanın ikincil bulguları ise otomasyonun verimliliğe katkısını göstermektedir. Manuel yöntemlere kıyasla işlem süresi yaklaşık %39 kısalmış, iş gücü ihtiyacı %60 azalmış ve enerji tüketimi %33 düşmüştür. Ancak bu kazanımların ötesinde en kritik sonuç, astar'ın termo-mekanik stabilitesinin korunmasıyla özdeş ürün elde edilmesi olmuştur.

Sonuç olarak, PE astar'ın gibi mikron seviyesinde hassas malzemelerde termo-mekanik stabilitenin kontrolü, hotmelt uygulamalarında en temel kalite parametresidir. Fark Basınç Transmitterleriyle yapılan anlık izleme ve PID tabanlı kontrol algoritmaları sayesinde gerginlik dalgalanmaları önlenmekte, ±%3 gramaj hassasiyeti ile uygulama stabil hale getirilmektedir. Böylece hem ürün bütünlüğü korunmakta hem de seri üretimde kalite sürekliliği güvence altına alınmaktadır.

Otomasyon bu yönüyle yalnızca bir verimlilik aracı değil, aynı zamanda hassas üretim süreçlerinde stratejik bir kalite güvence çözümü olarak öne çıkmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Hotmelt, PE Liner, Termo-Mekanik Stabilite, Fark Basınç Transmitteri, Otomasyon, Üretim Verimliliği, PID algoritması.

ENSURING THERMO-MECHANICAL STABILITY OF PE LINERS IN INDUSTRIAL HOTMELT APPLICATIONS: AN AUTOMATION-BASED APPROACH

ABSTRACT

The PE liner used in industrial production processes is a delicate structure with a thickness of 80–100 microns, which undergoes critical changes during hotmelt applications. Applied temperature and mechanical stress directly affect the liner's tension; insufficient tension causes issues such as folding and non-uniform dispensing, while excessive tension leads to elongation and tearing. Therefore, real-time monitoring of the liner's thermo-mechanical stability and the continuous implementation of optimal adjustments are critical requirements for ensuring production quality.

In this study, manual applications were compared with automation-based systems, with a particular focus on liner tension control. Within the automated system, real-time pressure and vacuum measurements were performed using differential pressure transmitters, and optimal values were maintained through PID-like algorithms. Consequently, sudden fluctuations caused by temperature variations were controlled, and product-specific volumetric tension settings ensured consistent quality across different product sizes.

Furthermore, the automated system provided ±3% grammage accuracy in hotmelt application, eliminating operator-induced fluctuations present in manual processes. A dosing system based on angular tracking maintained weight precision even during size changes. Digital and precise weight control proved to be a significant advantage, contributing both to resource optimization and product integrity.

The secondary findings of this study demonstrate the efficiency gains achieved through automation. Compared to manual methods, process time was reduced by approximately 39%, labor requirements decreased by 60%, and energy consumption dropped by 33%. Beyond these improvements, the most critical outcome was the consistent preservation of the liner's thermo-mechanical stability, ensuring uniform product quality.

In conclusion, controlling the thermo-mechanical stability of micron-scale sensitive materials such as PE liners is a fundamental quality parameter in hotmelt applications. Real-time monitoring with differential pressure transmitters and PID-based control algorithms prevents tension fluctuations and ensures ±3% grammage accuracy, thereby stabilizing the process. As a result, both product integrity and quality consistency in mass production are safeguarded. In this respect, automation emerges not only as a tool for efficiency but also as a strategic quality assurance solution in precision manufacturing.

Keywords: Hotmelt, PE Liner, Thermo-Mechanical Stability, Differential Pressure Transmitter, Automation, Production Efficiency, PID Algorithm

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SWEET SORGHUM PRODUCTION USING TRICKLING FILTER EFFLUENT: ASSESSING HEALTH AND AGRONOMIC IMPACTS IN SEMI-ARID NORTH AFRICA

Ahmed Osmane
Laboratory of Organic Chemistry and Physical Chemistry (Fundamental and Applied Chemistry)Faculty of Sciences, Agadir University Ibn Zohr
Laboratory of Biomolecular and Medicinal Chemistry, Faculty of Science Semlalia, University Cadi Ayyad
ORCID: 0000-0003-0246-2885

Khadija Zidan
National Center for Studies and Research on Water and Energy (CNEREE), Cadi Ayyad University
Laboratory of Water, Biodiversity and Climate Change, Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University

Moustapha Belmouden
Laboratory of Organic Chemistry and Physical Chemistry (Fundamental and Applied Chemistry)Faculty of Sciences, Agadir University Ibn Zohr

Abstract
Sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) is a highly adaptable sugar crop with significant potential for bioenergy and ethanol production. Notably resilient, it thrives under marginal growing conditions, including water deficits, waterlogging, salinity, and alkalinity. Its key advantage is a high ethanol yield potential of up to 6000 L ha^{-1}, offering an energy output more than three times greater than the input invested.This crop exhibits considerable genetic diversity, with reported variations in crucial traits such as Brix (13-24%), juice sucrose concentration (7.2-15.5%), total stalk sugar yield (up to 12 Mg ha^{-1}), fresh stalk yield (24-120 Mg ha^{-1}), and total biomass yield (36-140 t ha^{-1}), indicating strong potential for further agronomic improvement.Despite its promise, the transition of sweet sorghum to a large-scale bioenergy crop faces challenges. The primary constraints are the lack of adequate technology for the harvest, transport, and storage of its vast quantities of biomass and juice, particularly within a short harvest window. Furthermore, while ethanol conversion can be achieved either by fermenting expressed stem juice or directly fermenting chopped stalks, the integration of sweet sorghum processing into existing corn ethanol infrastructure has not yet been realized.
Keywords: sweet sorghum; bioenergy crop; ethanol; biomass yield; sugar; fermentation

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

HEALTH AND AGRONOMIC IMPACTS OF WASTEWATER-IRRIGATED WHEAT AND BARLEY IN SEMI-ARID NORTH AFRICA: MOROCCO

Ahmed Osmane
Laboratory of Organic Chemistry and Physical Chemistry (Fundamental and Applied Chemistry)Faculty of Sciences, Agadir University Ibn Zohr
Laboratory of Biomolecular and Medicinal Chemistry, Faculty of Science Semlalia, University Cadi Ayyad
ORCID: 0000-0003-0246-2885

Khadija Zidan
National Center for Studies and Research on Water and Energy (CNEREE), Cadi Ayyad University
Laboratory of Water, Biodiversity and Climate Change, Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University
ORCID: 0000-0003-3466-2323

Moustapha Belmouden
Laboratory of Organic Chemistry and Physical Chemistry (Fundamental and Applied Chemistry)Faculty of Sciences, Agadir University Ibn Zohr
ORCID0000-0002-3083-2620

Abstract
Wheat is a concentrated source of insoluble fibre and barley . Fibre intakes are generally lower than recommendations. This paper reviews the physiological effects of wheat bran and the health benefits it may provide in terms of the prevention of diseases such as colon and breast cancers, cardiovascular disease, obesity and gastrointestinal diseases. In recognition of the weight of evidence, the Afrcan Food Safety Authority has recently approved two health claims for wheat and barley and gastrointestinal healt. Wheat is the major staple food in many diets and Barley. Based on the increase in worldwide mortality attributable to diet-related chronic diseases, there is an increasing interest in identifying wheat species with greater health potential, more specifically for improved anti-oxidant and anti-inflammatory properties. In particular, ancient varieties (defined as those species that have remained unchanged over the last hundred years) are gaining interest since several studies suggested that they present a healthier nutritional profile than modern wheats. This manuscript reviews the nutritional value and health benefits of ancient wheats varieties, providing a summary of all in vitro, ex vivo, animal and human studies that have thus far been published. Differences in chemical composition, and biochemical and clinical implications of emmer, einkorn, spelt, khorasan and various regional Italian varieties are discussed. Although many studies based on in vitro analyses of grain components provide support to the premise of a healthier nutritional and functional potential of ancient wheat, other in vitro studies performed are not in support of an improved potential of ancient varieties. In the light of existing evidence derived from in vivo experiments, the ancient wheat varieties have shown convincing beneficial effects on various parameters linked to cardio-metabolic diseases such as lipid and glycaemic profiles, as well as the inflammatory and oxidative status. However, given the limited number of human trials, it is not possible to definitively conclude that ancient wheat varieties are superior to all modern counterparts in reducing chronic disease ris
Keywords: Ancient wheat;barley ,diseses ,food; Health, Nutrition , Grain

REPURPOSING THE ANTIHYPERTENSIVE DRUG FENFLURAMINE AS AN ANTIEPILEPTIC AGENT

Huma Ikram
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi

Shehar Bano
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi

Darakhshan Jabeen Haleem
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi
Neuroscience Research Laboratory, Dr. Panjwani Center for Molecular Medicine and Drug Research, University of Karachi

ABSTRACT
Fenfluramine is used as an immediate cure to treat appetite loss that potentially results from distress, anxiety and related disorders and has a high therapeutic potency to treat epileptic seizures. Fenfluramine is taken orally and has relatively high potency among other SSRIs. The present study was designed to determine the efficacy of fenfluramine in the treatment of epileptic seizures. Twenty four male Albino-Wistar rats were assigned to four groups; control (0.9% saline), fenfluramine (5mg/Kg), fenfluramine (10 mg/Kg) and fenfluramine (15mg/Kg) . After 30 min of oral drug administration behavioral performance was monitored using forced swim test, object recognition test, Skinner's Box, Light-dark boxes and open field test to assess motor function of rats. Results showed that administration of fenfluramine has improved epileptic seizures. So, it can be suggested that fenfluramine has a positive impact on motor functions and can be used as a potential candidate for epileptic disorders. These findings suggest fenfluramine's potential as an antiepileptic agent particularly at the 10mg/kg dose. Further research is needed to validate these effects and explore optimal dosing strategies for therapeutic applications in epilepsy and anxiety-related conditions.
Keywords: fenfluramine, epilepsy, hypertension, memory, anxiety

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DYEING OF MORDANTED WOOL YARN WITH BINARY EXTRACT FROM HARMAL SEEDS AND SAFFLOWERS

Muhammad Kamran
Department of Applied Chemistry , Government College University Faisalabad

Shahid Adeel
Department of Applied Chemistry , Government College University Faisalabad

Fazal-ur-Rehman
Department of Applied Chemistry , Government College University Faisalabad

Mousa Sadeghi-Kiakhani
Institute for Color Science and Technology

Somayeh Mirnezhad
Department of Carpet, University of Sistan and Baluchestan

Abstract
The application of green products from plant sources such as natural dyes in textiles and related fields is gaining world wide fame due to their sustainable nature.This study has been conducted to explore the binary extract from harmal seeds (P*eganum harmala L.*)and safflower florals (*Carthamus tinctorius*) for woo l yarn dyeing. The extraction of binary dye was done from 6 g of crude powder followed by MW treatment with 3.0 minutes. After irradiation the binary extract of 5 pH when used to dye woolen yarn at 75 ^{0}C for 40 minutes, excellent yield was found (K/S= 29.17). The improvement in Anti oxidant and antibacterial properties show that MW treatment has improved the biological activities of binary extract from harmal and safflowers. Mordanting was done to improve the colour characteristics of yarn dyed with binary extract, where it has been found that 0.5 % of iron salt before dyeing and 1.5% of salt after dyeing as chemical eco-friendly additive has given better results. Comparatively the usage of 1.5 % of pomegranate extract as organic mordant has given excellent yield when used before dyeing of yarn with binary extract. The colorfastness properties show that under selective conditions , if mordanting is used before and after dyeing of yarn, than colorfast shades are found after testing under ISO methods for colorfastness to light, washing and rubbing.It is concluded that MW treatment for isolation of natural dye from binary mixture of plants and eco-friendly mordants for getting colorfast shades has made the coloration of wool yarn with plant based dyes more green and sustainable.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

FOOD ADDITIVES AND PRESERVATIVES: SAFETY, FUNCTIONALITY, AND REGULATORY CONCERNS

Ahmed Attahiru
Department of Pure and Industrial Chemistry, Kebbi State University of Science and Technology

ABSTRACT
Food additives and preservatives play a critical role in modern food systems by enhancing shelf life, improving sensory attributes, and maintaining product quality. They include a wide range of compounds such as antioxidants, antimicrobials, colorants, flavor enhancers, emulsifiers, and stabilizers. Despite their technological importance, the safety of several additives has raised public health concerns due to potential toxicological effects when consumed in excess. Recent advances in analytical chemistry have enabled more precise detection of additives and their metabolites, facilitating risk assessment and regulatory monitoring. Increasing demand for natural preservatives derived from plants, microorganisms, and other bioresources reflects consumer preference for clean label and minimally processed foods. Regulatory frameworks, such as those established by the U.S. Food and Drug Administration (FDA), European Food Safety Authority (EFSA), and Codex Alimentarius, provide guidelines for the safe use of food additives, but differences across regions highlight the need for global harmonization. This review discusses the chemistry, functionality, and safety aspects of synthetic and natural food additives, examines the controversies surrounding their use, and outlines emerging alternatives and regulatory perspectives for ensuring food safety and consumer trust.
Keywords: Food additives, Preservatives, Food safety, Natural alternatives, Analytical chemistry, Regulation

1. INTRODUCTION
Food processing has advanced dramatically over the past few decades, driven by innovations that aim to improve safety, convenience, and consumer appeal. Central to these developments are food additives and preservatives, which perform a range of technological and functional roles. Additives can enhance flavor, texture, color, and nutritional value, while preservatives are specifically designed to prevent microbial growth, inhibit enzymatic browning, and extend shelf life. In regions such as Nigeria and other parts of Africa, where high ambient temperatures, humidity, and limited cold chain infrastructure increase the risk of food spoilage, the application of preservatives becomes particularly critical for ensuring food safety and reducing post-harvest losses (Okafor et al., 2022).
The technological importance of these compounds is complemented by their economic significance. By stabilizing foods during storage and transport, preservatives help maintain consistent quality across production batches, minimize waste, and support food distribution networks that reach urban and rural populations alike. Commonly used preservatives include sorbates, benzoates, nitrates, and sulfites, each with specific chemical properties that inhibit bacterial, fungal, or yeast growth. Similarly, additives such as emulsifiers, stabilizers, and colorants improve sensory appeal and product acceptability, which are critical for competitive markets and consumer satisfaction.

Despite these benefits, the use of synthetic additives and preservatives has sparked growing public concern. Research has linked some compounds to allergic reactions, hyperactivity in children, metabolic disturbances, and, in certain cases, potential carcinogenicity (EFSA, 2021). Such health concerns have prompted regulatory agencies, scientists, and consumer advocacy groups to recommend careful monitoring of additive use, permissible concentrations, and transparent labeling. Increasingly, consumers are seeking "clean label" products foods made with minimal processing, natural preservatives, and recognizable ingredients. This shift is influencing global food manufacturing trends, encouraging the development of alternative preservation methods, including plant derived antimicrobials, natural antioxidants, and novel food packaging technologies.

In Nigeria and across Africa, the challenge is to balance food safety, shelf stability, and public health. Policymakers and the food industry are tasked with enforcing safety standards, promoting consumer education, and encouraging research into natural and sustainable preservation strategies. This paper examines the chemistry, functional roles, and technological applications of food additives and preservatives, explores ongoing controversies regarding their safety, and highlights emerging trends and future directions for their use in African food systems, with particular emphasis on Nigerian dietary practices and market dynamics. Understanding these dimensions is essential for ensuring both the nutritional quality and safety of foods while responding to evolving consumer preference

2. METHODOLOGY

This review was developed using peer-reviewed journal articles, policy reports, and regulatory documents published between 2020–2025. Databases including Scopus, PubMed, Web of Science, and Google Scholar were searched using keywords: *food additives, preservatives, natural preservatives, food safety, Nigeria, Africa, clean label*.

Inclusion criteria:

- Articles addressing chemistry, safety, or regulation of additives.
- Studies published between 2020–2025, except for seminal regulatory guidelines.
- Research with relevance to African food systems.

Exclusion criteria:

- Non-scientific reports or anecdotal claims without evidence.
- Papers outside food systems (e.g., additives for industrial products).

Information was synthesized to highlight both global perspectives and local African experiences.

3. Classification and Chemistry of Food Additives

Food additives encompass a broad range of chemical compounds that are intentionally added to foods to improve safety, quality, appearance, flavor, and shelf life. Their classification is typically based on their functional role in food systems, with each class exhibiting distinct chemical properties and mechanisms of action. Understanding these classifications is essential for assessing their technological applications, safety, and regulatory requirements.

- **Antioxidants:** are compounds that prevent oxidative degradation of food components, particularly lipids, thereby reducing rancidity and off-flavors. Common synthetic antioxidants include butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA), which act as free radical scavengers. Naturally occurring antioxidants, such as tocopherols (vitamin E) and ascorbic acid (vitamin C), also inhibit oxidation and contribute additional nutritional benefits. The chemical mechanism involves donation of hydrogen atoms or electrons to reactive radicals, stabilizing them and interrupting the chain reactions that lead to spoilage.

- **Antimicrobials:** inhibit the growth of bacteria, yeasts, and molds, thereby extending the microbial stability of foods. Sodium benzoate, potassium sorbate, and nitrites are widely used in beverages, baked goods, and processed meats. These compounds function by disrupting microbial cell membranes, altering intracellular pH, or inhibiting enzymatic activity essential for microbial survival. Their efficacy depends on factors such as pH, temperature, and water activity, making proper formulation critical for effectiveness.
- **Colorants:** are added to enhance the visual appeal of food, compensating for natural color loss during processing or storage. Synthetic colorants like tartrazine, sunset yellow, and allura red are commonly used, while natural alternatives include carotenoids, anthocyanins, and chlorophyll derivatives. Chemically, colorants absorb specific wavelengths of light, producing characteristic colors that can improve consumer acceptance and perceived quality.
- **Flavor enhancers:** intensify or modify the taste and aroma of foods. Monosodium glutamate (MSG) is a well-known example, enhancing umami flavor by stimulating glutamate receptors on the tongue. Other compounds, such as disodium inosinate and guanylate, work synergistically with MSG to produce more complex flavor profiles.
- **Emulsifiers and stabilizers:** maintain the consistency, texture, and homogeneity of food products. Lecithin, polysorbates, carrageenan, and guar gum prevent phase separation in emulsions such as sauces, dressings, and dairy products. These compounds interact at the interface between immiscible phases, reducing surface tension and stabilizing dispersed droplets.
- **Sweeteners:** provide sweetness with or without caloric contribution. Artificial sweeteners like aspartame, sucralose, and saccharin offer high intensity sweetness with minimal energy, while natural sweeteners such as stevia and monk fruit extracts provide an alternative for consumers seeking plant-derived options. Chemically, these compounds interact with taste receptors, producing sweetness perceptions without the same metabolic impact as sucrose.
-

Table 1: Major Classes of Food Additives

Class	Examples	Functions
Antioxidants	BHT, Tocopherols	Prevent oxidation and rancidity
Antimicrobials	Sodium benzoate, Sorbates	Inhibit microbial growth
Colorants	Tartrazine, Carotenoids	Enhance or restore color
Flavor enhancers	MSG	Improve taste perception
Emulsifiers	Lecithin, Carrageenan	Improve texture and stability
Sweeteners	Aspartame, Stevia	Provide sweetness

4. SAFETY CONCERNS AND CONTROVERSIES

While many additives are recognized as safe when used within regulatory limits, concerns persist:

- **Toxicological risks:** High intake of artificial sweeteners like aspartame has been linked to metabolic disorders (Kaur et al., 2023).
- **Allergenicity:** Tartrazine has been associated with hyperactivity in children (Stevenson, 2022).
- **Carcinogenicity debates:** Nitrites used in cured meats may produce carcinogenic nitrosamines under certain conditions.

- **Cumulative exposure:** Particularly concerning in Nigeria, where weak regulatory oversight allows unmonitored additive levels in street foods (Ogunmola et al., 2022).

Analytical advances such as LC-MS and high-resolution NMR now allow detection of trace additives and their metabolites, improving safety evaluations (Zhang et al., 2023).

5. NATURAL PRESERVATIVES AND CONSUMER DEMAND

Consumer preference for natural products has driven interest in plant- and microbe-derived preservatives. Examples include:

- **Plant-derived compounds:** Essential oils from clove, garlic, and ginger exhibit strong antimicrobial activity.
- **Microbial metabolites:** Nisin, a bacteriocin from *Lactococcus lactis*, is effective against Gram-positive bacteria.
- **Organic acids:** Citric and lactic acid naturally inhibit spoilage microbes.

In Nigeria, spices such as *Piper guineense* (African black pepper) and *Xylopia aethiopica* are traditionally used in food preservation (Obi et al., 2021). Their validation as formal preservatives could create safer, culturally relevant solutions.

Table 2: Synthetic vs. Natural Preservatives

Feature	Synthetic Preservatives	Natural Preservatives
Source	Chemically synthesized	Plants, microbes, bioresources
Toxicity	Potentially harmful in excess	Generally safer
Consumer Acceptance	Declining	Increasing
Cost	Often cheaper	Variable, sometimes higher
Shelf Life	Long	Often shorter, but improving with new formulations

6. REGULATORY FRAMEWORKS

Global regulatory agencies such as FDA (USA), EFSA (Europe), and Codex Alimentarius establish acceptable daily intakes (ADI) and guidelines. However, regional differences in standards can cause trade and compliance challenges.

In Nigeria, the National Agency for Food and Drug Administration and Control (NAFDAC) regulates additives, but weak enforcement often results in unmonitored use, especially in informal food markets (Oladipo et al., 2022). Strengthening laboratory infrastructure and harmonizing with global standards would improve food safety.

7. ADVANCES IN ANALYTICAL CHEMISTRY FOR ADDITIVE DETECTION

Analytical innovations are enhancing monitoring:

- **Liquid Chromatography–Mass Spectrometry (LC-MS):** For trace detection of preservatives.
- **Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR):** Rapid identification of adulterants.
- **Metabolomics:** Profiling additive impacts on human health.
- **Portable sensors:** Offering on-site detection in food processing facilities.

These tools are critical in Africa, where adulteration of street foods with unapproved preservatives is widespread.

8. CASE STUDIES FROM NIGERIA AND AFRICA

- **Colorants in beverages:** Excessive use of synthetic dyes in Nigerian soft drinks has raised health concerns (Akinola et al., 2023).
- **MSG in local seasonings:** Studies show overuse of MSG in bouillon cubes consumed widely in West Africa (Eze et al., 2021).
- **Natural preservatives from spices:** *Piper guineense* and ginger have demonstrated antimicrobial properties effective against foodborne pathogens (Obi et al., 2021).

These examples highlight both risks of synthetic additive misuse and opportunities for harnessing local resources.

9. CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES

Challenges:

- Inconsistent regulation in developing countries.
- Limited consumer awareness about safe additive levels.
- High cost and short shelf life of natural preservatives.

Future directions:

- Development of **nano-encapsulated natural preservatives** to enhance stability.
- Increased investment in African research on indigenous spices and bioresources.
- Harmonization of regulatory frameworks for global food trade.
-

Table 3: Challenges vs. Opportunities

Challenges	Opportunities
Regulatory inconsistencies	Global harmonization
Short shelf life of natural preservatives	Nano-encapsulation and formulation advances
High cost of natural options	Local production of plant-based preservatives
Consumer distrust	Education and transparency in labeling

10. CONCLUSION

Food additives and preservatives remain vital to modern food systems, particularly in Africa where postharvest losses are high. However, safety controversies necessitate stronger regulation, consumer education, and scientific innovation. Nigeria and other African countries stand to benefit by leveraging indigenous plants and microbial resources to produce culturally acceptable natural preservatives. With improved policies, research investment, and regulatory harmonization, the future of food preservation can align with both sustainability and consumer trust.

REFERENCES

1. Akinola, O. T., Okafor, C. J., & Musa, R. (2023). Safety evaluation of colorants in Nigerian soft drinks. *Food Chemistry, 412*, 135429.

2. EFSA. (2021). Scientific opinion on the safety of food additives. *European Food Safety Authority Journal, 19*(11), e06732.

3. Eze, U., Obi, C., & Yakubu, H. (2021). MSG consumption patterns in West Africa: Implications for health. *Public Health Nutrition, 24*(7), 1891–1899.

4. Kaur, A., Sharma, V., & Gupta, S. (2023). Artificial sweeteners and metabolic health: A systematic review. *Nutrients, 15*(4), 876.

5. Obi, J. A., Udeh, A. C., & Okoro, O. (2021). Antimicrobial properties of Nigerian spices as natural food preservatives. *Journal of Ethnopharmacology, 280*, 114–122.

6. Ogunmola, O., Adebayo, A., & Ojo, T. (2022). Food additives in street foods: Regulatory challenges in Nigeria. *African Journal of Food Science, 16*(3), 89–97.

7. Oladipo, B., Balogun, K., & Akinyemi, F. (2022). Regulation of food additives in Nigeria: Current status and future directions. *Food Policy, 108*, 102240.

8. Okafor, A., Nwosu, P., & Eze, S. (2022). Postharvest losses and food preservation strategies in sub-Saharan Africa. *Sustainability, 14*(8), 4715.

9. Stevenson, J. (2022). Artificial colorants and child behavior: A systematic review. *Journal of Pediatric Health, 56*(4), 321–330.

10. Zhang, L., Chen, Y., & Li, X. (2023). Advances in metabolomic detection of food additives. *Food Control, 150*, 109794.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

CONVERSION OF SAWDUST INTO BIOFUELS: EXPLORING RENEWABLE ENERGY OPPORTUNITIES

Samra Benkacem
Department of Process Engineering, Faculty of Technology, University of 20 August 1955

Walid Boultif
Department of Process Engineering, Faculty of Technology, University of 20 August 1955

Youghourta Belhocine
Department of Process Engineering, Faculty of Technology, University of 20 August 1955
Laboratory of catalysis, bioprocess and environment, 20 August 1955 University of Skikda

Abstract
The necessity to identify alternatives to fossil fuels in the energy and chemical sectors leads segments of research towards the valorization of biomass. Sawdust as biomass fuels sawdust is utilized as a biofuel by pyrolysis, a thermal decomposition process that transforms biomass into syngas bio-oil and bio-char, Sawdust undergoes pyrolysis when heated in an oxygen-free environment, yielding bio-oil that can serve as a fuel source. Pyrolysis is a crucial phase in the thermochemical production of second-generation biofuels. It has garnered significant interest in recent years due to its capacity to primarily generate biogas or bio-oil. Our research aims to enhance an experimental pyrolysis apparatus for millimeter-sized biomass (beech wood). The pyrolytic products, analyzed using mass-coupled chromatography, yielded a gas mixture predominantly including biomethane at 24%. Additionally, other analyses are conducted for bio-oil and bio-char. This illustrates the significance of such studies.
Keywords: fossil fuels, biomass, sawdust, pyrolysis, syngas, bio-oil, bio-char, biomethane.

1. Introduction

As global energy needs escalate and fossil fuel stocks diminish, the necessity for alternate, sustainable energy sources have become increasingly imperative [1]. The exhaustion of fossil fuels, along with its detrimental environmental effects, has catalyzed initiatives to discover renewable energy alternatives [2]. Biofuels, especially ethanol, may be derived from diverse biomass sources, offering a means to diminish dependence on fossil fuels while supplying green energy alternatives [3]. This article examines the feasibility of using wood shavings, a readily accessible biomass waste, for biofuel production.

The increasing demand to substitute fossil resources in the energy and chemical sectors has prompted extensive research initiatives focused on the valorization of biomass for production. [4]. Among the several biomass conversion processes, pyrolysis is a feasible method for harnessing sawdust as a biofuel [5]. Pyrolysis is a thermal decomposition process that transpires in the absence of oxygen, transforming biomass into charcoal, bio-oil, and syngas [6]. Pyrolysis of sawdust yields bio-oil, which may be further processed and utilized as an alternative fuel source [7]. Pyrolysis is an essential phase in the thermochemical conversion process for second-generation biofuels [8]. Recently, it has garnered significant attention for its ability to generate lucrative biofuels, including biogas and bio-oil [9]. These goods not only provide sustainable energy choices, but they also help to reduce greenhouse gas emissions [10]. This work aims to improve the performance of an experimental pyrolysis system intended for millimeter-sized biomass, particularly beech wood.

The pyrolytic products were examined using mass spectrometry combined with gas chromatography (GC-MS), revealing a gas mixture dominated by biomethane (24%). Comprehensive studies were also performed on the bio-char and bio-oil fractions. These findings demonstrate the viability of pyrolysis as a biofuel production technology and underscore the need for further study in this area.

Wood shavings, often generated as by-products in the timber industry, are typically discarded or underutilized. However, they include cellulose, which may be broken down into fermentable sugars by hydrolysis and then transformed into ethanol via fermentation [11]. The process of converting wood shavings into biofuels offers a dual advantage: it helps reduce waste in the timber industry while simultaneously producing a renewable energy source [12]. Numerous research has shown that wood sawdust and other plant-based materials may be used to produce ethanol, highlighting the potential of biofuels as a sustainable energy source [13,14, 15].

The conversion process involves breaking down complex cellulose molecules into simple sugars, which can then be fermented into ethanol [16]. This method offers a promising approach to harness energy from plant materials that would otherwise go to waste. Additionally, research comparing biofuel yields from various agricultural products has shown that crops like cassava can provide higher ethanol yields compared to others, making it a viable option for biofuel production. Unlike crops such as sugarcane or corn, cassava requires less water during cultivation, making it a more sustainable choice in regions facing water scarcity [17].

Huang et al. examined using lignocellulosic biomass to produce advanced biofuels as a way to lessen reliance on fossil fuels. They investigated the use of a HZSM-5 catalyst in a two-stage catalytic pyrolysis reactor to convert pine sawdust into bio-oil. Catalytic reactions were performed at 400, 500, and 600 °C, while pyrolysis was performed at 500 °C. Their BET, XRD, SEAD, and GC-MS investigations showed that raising the catalytic temperature decreased HZSM-5's surface area and resulted in lattice deformation from coke deposition. The oil phase with the highest hydrocarbon content (58.63%) and the biggest percentage of C8–C12 compounds (48.03%) was produced under the P500+C500 condition. Furthermore, as compared to non-catalytic treatment, the bio-oils produced under catalytic conditions exhibited greater heating values (up to 24.8 MJ/kg) and reduced viscosity. These results show that the two-stage catalytic pyrolysis process using HZSM-5 is a productive way to turn pine sawdust into high-energy, hydrocarbon-rich bio-oils [18].

The purpose of this article is to investigate the viability of turning wood shavings into biofuels, look at the procedures required, and assess how it could affect the world's energy supply. Biofuels are a viable way to solve environmental issues and energy security problems as the hunt for greener, renewable energy sources heats up.

2. Methods

2.1. Characterization of sawdust

Sawdust, a significant byproduct of the wood processing industry, is a promising feedstock for biofuel production due to its abundance, low cost, and renewable nature. It primarily consists of cellulose, hemicellulose, and lignin, which can be converted into various types of biofuels through different processes.

Sawdust was selected as a feedstock for the experiments in the batch-type pyrolysis reactor. Sawdust wood was taken from a Jijel in Algeria. The moisture content of the wood sawdust ranged from 11 % to 21 wt%.

Sawdust was dried in sun and then crushed and sieved to obtain particle size between 0.5 and 2 mm.
The elemental composition of C, H, N, S and O was measured by using an Elementar vario micro cube unit (See table 1).

Table 1: The elemental composition of sawdust.

(wt%)	C	H	O (wt%)	N (wt%)	S (wt%)
Sawdust	48.51	6.82	43.97	0.64	0.06

C, H, O, N and S denote carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, and sulfur, respectively.

The proximate analysis of sawdust and biochar was investigated by measuring the moisture content (ASTM D3173), ash content (ASTM E1755), and volatile matter (ASTM D3175). Their mass difference was used to compute the fixed carbon fraction. Feedstock and biochar's elemental composition were determined using an elemental analyzer.
To satisfy the conservation of mass in the biomass pyrolysis process, the mass balance was performed. The mass balance is achieved by balancing the pyrolysis process's input materials with the fix bed reactor's output materials. The reactor's feedstock is biomass, while the reactor's output is biochar, bio-oil, and non-condensable syngas. For the pyrolysis process, the following fundamental mass balance equation (Equation (1)) was used [19]:

$$m_{sawdust} = m_{Biochar} + m_{Bio-oil} + m_{syngas} + m_{Loss} \quad (1)$$

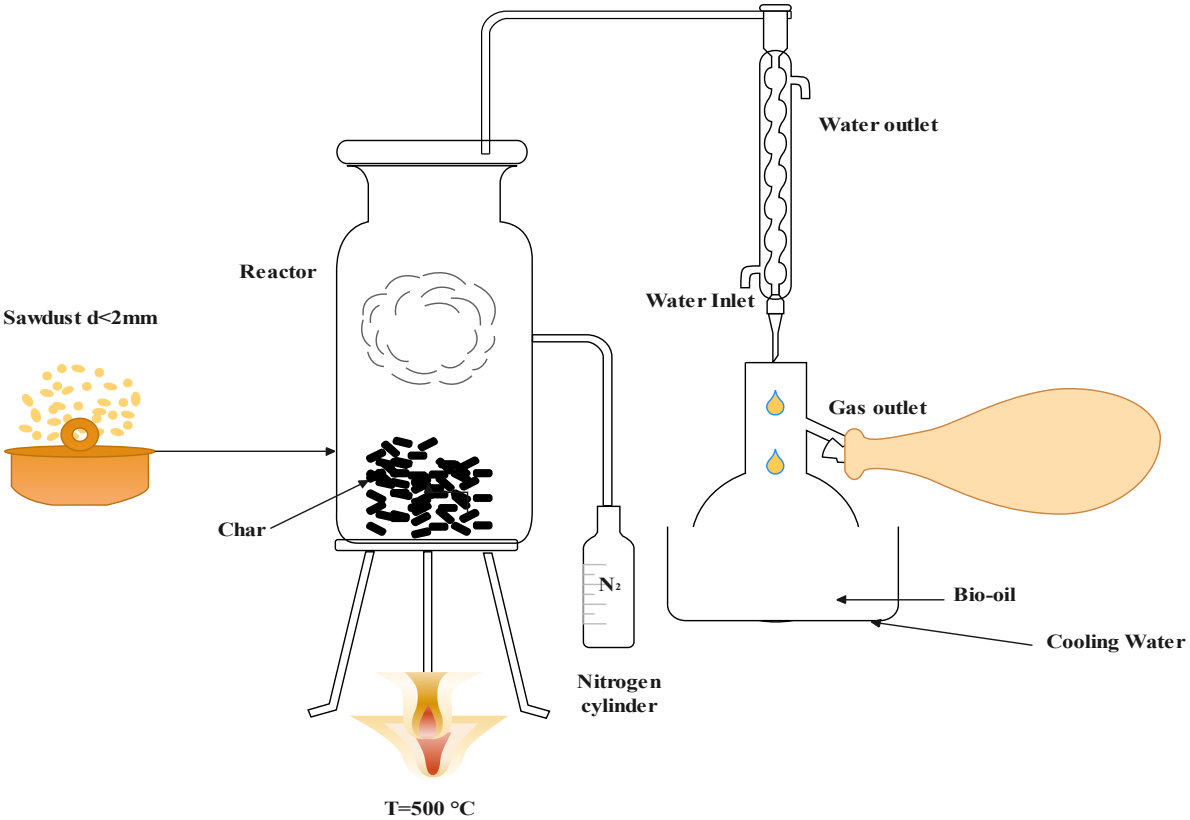


Figure 1: Diagram of the experimental Pyrolysis Setup for the Production of Bio-Oil from Sawdust.

Quartz cylindrical (semi-batch reactor) was used for the pyrolysis experiment. The main parts of the experimental setup were the control panel, thermocouple, condenser, water chiller, nitrogen gas cylinder, and rotameter. Dry sawdust (100 g) was fed inside the reactor, which was then positioned vertically inside the ceramic furnace. The furnace was constructed to ensure even heating throughout the reactor uniformly. The temperature, residence time, and heating rate were all regulated by a PID controller mounted with a control panel. To remove unwanted impurities from the reactor, the nitrogen gas was allowed to flow for 15 min before the tests.

The nitrogen gas flow rate was controlled by a rotameter during the pyrolysis process. The condenser was attached to the top end of the rector, while the nitrogen gas input was located at the bottom end. Throughout the trials, a water chiller was used to continuously circulate the cold water (8-10 °C) inside the condenser while the non-condensable gases were left outside the collecting tank. The condensable gases were condensed in the condenser and collected in a conical flask.

the current study was conducted at temperatures between 250 and 450 °C. Additionally, as recommended in the literature [20], all tests were conducted at a heating rate of 10 °C min 1 and a residence time of 15 min.

Figure 1 depicts the complete laboratory experimental setup used in the present study. Finally, the reactor was cooled to room temperature before collecting the biochar, and the liquid yield, char yield, and syngas, whose yields were calculated using Equations 2-4.

$$\boldsymbol{L} = \frac{\boldsymbol{W_L}}{\boldsymbol{W_T}} \times 100 \qquad \textbf{(2)}$$

$$\boldsymbol{CH} = \frac{\boldsymbol{W_{CH}}}{\boldsymbol{W_T}} \times 100 \qquad \textbf{(3)}$$

$$\boldsymbol{G} = 100 - (\boldsymbol{L} + \boldsymbol{CH}) \qquad \textbf{(4)}$$

Where:

$\boldsymbol{L}$: Liquid yield (%)
$\boldsymbol{W_L}$: weight of liquid bio-fuel (g)
$\boldsymbol{W_T}$: weight of total feed
$\boldsymbol{CH}$: Char yield (%)
$\boldsymbol{W_{CH}}$: weight of remaining char (g)
$\boldsymbol{G}$: Gas yield (%)

2.2. GC–MS chromatographic analysis

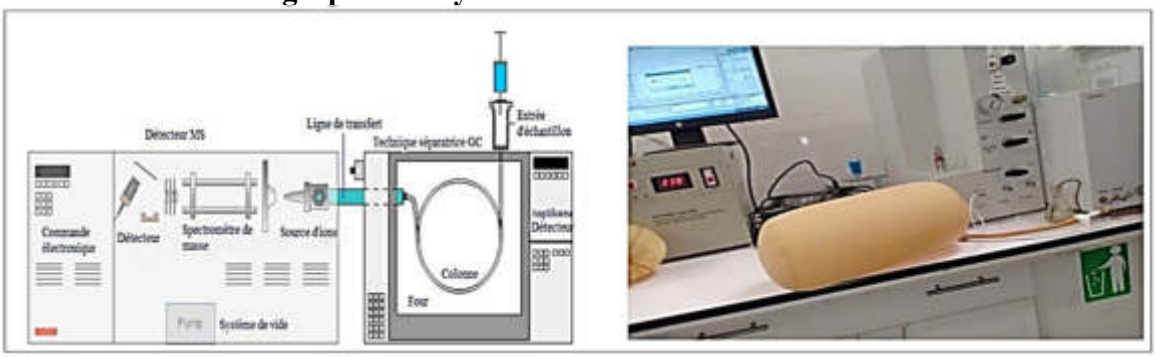


Figure 2: Schematic Representation and Experimental Setup of GC-MS Analysis.

The parameters to be analyzed include:

1- The parameters recorded on the Bio-oils are: ✓ Density, ✓ Water content, ✓ Viscosity, ✓ Total inorganic elements ✓ Flash point, ✓ PCI.

2- Liquid biofuel residue (tar)

✓ Flash point.

3- Analysis of the gaseous products:

✓ Gas chromatography coupled with mass spectrometry (CG-MS).

Summary of Products Obtained.

Four fractions were collected during the pyrolysis process:

A gas mixture in a balloon.

An almost viscous fraction, referred to as "breaks the oil."

A biofuel residue (tar), which settled at the bottom of the beaker after decantation.

A solid residue, which remained as charcoal at the bottom of the flask.

From 300g of sawdust, we obtained approximately 6 liters of gas mixture, an unmeasured quantity of bio-oil, biofuel residue, and 150g of charcoal.

Note: The quantities of the products obtained were smaller than expected due to an unforeseen shutdown of the process caused by the balloon stopper detaching during the operation.

3. Results

We obtained four fractions:

1- A gaseous mixture residing in the balloon.

2- A nearly viscous fraction (the "oil fraction").

3- A fraction, after decantation, will settle at the bottom of the beaker (the "biofuel residue (tar)").

4- The residue that remained at the bottom of the balloon as carbon.

We recovered 6 L of a gaseous mixture, an unmeasured quantity of biooil, biofuel residue, and 150 g of carbon from 300 g of sawdust.

Table 2: spectrum of the biogas fractions obtained by GC chromatography.

Methane	Ethane	Propane	Iso-butane	n-butane	Iso-pentane	n-pentane	n-hexane
24.023	2.000	0.614	0.492	0.066	0.177	0.014	0.036

The following values were obtained during the analysis:

Shilling Density: 0.2305%
Average Molecular Weight: 6.66%
The remaining percentage is composed of other compounds, including H_2, CO_2, CO, N_2, and H_2O.
Nitrogen (N_2): The sawdust feedstock contains nitrogen, which generates the release of N_2 gas during pyrolysis.
Hydrogen (H_2): The pyrolysis process inherently involves the release of hydrogen.
Carbon Monoxide (CO) and Carbon Dioxide (CO_2): Tar contains certain fractions of CO and CO2, which are released in significant quantities under the high-temperature conditions of pyrolysis, particularly when compared to hydrocarbons.
Bio-oils: The bio-oil produced during pyrolysis consists of several chemical groups, including acids, esters, alcohols, ketones, aldehydes, phenols, sugars, syringols, guaiacols, furans, alkenes, aromatics, and other nitrogen-containing compounds. The major chemical compound, after water, is hydroxyacetaldehyde (10% by mass), followed by acetic acid (5% by mass) and formic acid (3% by mass), which contribute to the acidic nature of the bio-oil (pH generally between 2 and 3). It is important to note that oligomeric species primarily originate from lignin and, to a lesser extent, from cellulose.

Table 3: Composition and properties of samples.

Property	Sawdust	Pyrolysis Oil
Composition		
% mass on dry basis C	50	48.5
% mass on dry basis H	6	6.4
% mass on dry basis O	44	42.5
% mass on dry basis S	Nd	0 to 0.05
Total Inorganic Elements	< 5	0.01 to 0.2
Density (kg/m^3 at 15°C)	550	1100 to 1300
Water (% mass)	20 to 60	20 to 30
Viscosity (cSt at 50°C)	Nd	13
Flash Point (°C)	Nd	40 to 110
LHV (MJ/kg)	18	13 to 18

From the table 3, we can say that the elemental composition of pyrolysis oils ultimately differs very little from the composition of biomass, and shows that they are highly oxygenated, which explains in particular the low calorific value, which is not the case for diesel and heavy fuel oil.

4. Conclusion

To better understand the thermal behavior of dried wood, we conducted slow pyrolysis on sieved and dried wood at temperatures ranging from 400°C to 500°C, with a residence time of 20 to 30 minutes. The results indicated the following:
t 100°C, bio-oils and traces of tar were recovered.
Pyrolysis at 280°C produced the highest yield of biogas, with methane being the predominant component, along with other gaseous compounds.

A quantity of coal was obtained as residue.

Wood processing has shown promising results for biomass utilization, clearly highlighting the significance of this research. These findings represent the initial phase of ongoing work, with future projects to explore the effect of temperature and humidity on biomass and the resulting products.

The production of biofuels from sawdust is a promising technology, but further advancements are required to enhance its sustainability and economic viability. Current research efforts are focused on improving conversion processes, reducing costs, and optimizing the value chain to make biofuel production more efficient and commercially viable.

An experimental project is never perfect, and several perspectives and ideas can be proposed to improve the thermochemical conversion of biomass and the performance of the developed model.

- First, it would be interesting to conduct more experiments under our experimental conditions to allow for more reliable comparisons.
- Expanding the range of experimental conditions (with a maximum temperature greater than 280°C) and describing different situations while considering new kinetic models.

References

[1] Abas, N., Kalair, A., & Khan, N. (2015). Review of fossil fuels and future energy technologies. *Futures*, *69*, 31-49.

[2] Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2012). Is the use of renewable energy sources an answer to the problems of global warming and pollution?. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *42*(2), 99-154.

[3] Kamani, M. H., Eş, I., Lorenzo, J. M., Remize, F., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., ... & Khaneghah, A. M. (2019). Advances in plant materials, food by-products, and algae conversion into biofuels: use of environmentally friendly technologies. *Green chemistry*, *21*(12), 3213-3231.

[4] Tuck, C. O., Pérez, E., Horváth, I. T., Sheldon, R. A., & Poliakoff, M. (2012). Valorization of biomass: deriving more value from waste. *Science*, *337*(6095), 695-699.

[5] Emenike, E. C., Iwuozor, K. O., Ighalo, J. O., Bamigbola, J. O., Omonayin, E. O., Ojo, H. T., & Adeniyi, A. G. (2024). Advancing the circular economy through the thermochemical conversion of waste to biochar: a review on sawdust waste-derived fuel. *Biofuels*, *15*(4), 433-447.

[6] Jahirul, M. I., Rasul, M. G., Chowdhury, A. A., & Ashwath, N. (2012). Biofuels production through biomass pyrolysis—a technological review. *Energies*, *5*(12), 4952-5001.

[7] Elhenawy, Y., Fouad, K., Bassyouni, M., Al-Qabandi, O. A., & Majozi, T. (2024). Yield and energy outputs analysis of sawdust biomass pyrolysis. *Energy Conversion and Management: X*, *22*, 100583.

[8] Zhang, J., & Zhang, X. (2019). The thermochemical conversion of biomass into biofuels. In *Biomass, biopolymer-based materials, and bioenergy* (pp. 327-368). Woodhead Publishing.

[9] Vamvuka, D. (2011). Bio-oil, solid and gaseous biofuels from biomass pyrolysis processes—an overview. *International journal of energy research*, *35*(10), 835-862.

[10] Amponsah, N. Y., Troldborg, M., Kington, B., Aalders, I., & Hough, R. L. (2014). Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *39*, 461-475.

[11] Braghiroli, F. L., & Passarini, L. (2020). Valorization of biomass residues from forest operations and wood manufacturing presents a wide range of sustainable and innovative possibilities. *Current Forestry Reports*, *6*, 172-183.

[12] Adewumi, I. O. (2023). Biofuel Production From Wood Shavings. *Petro Chem Indus Intern*, *6*(2), 32-39.

[13] Haus, S., Björnsson, L., & Börjesson, P. (2020). Lignocellulosic ethanol in a greenhouse gas emission reduction obligation system—a case study of Swedish sawdust based-ethanol production. *Energies*, *13*(5), 1048.

[14] Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., & Stroeve, P. (2009). Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Industrial & engineering chemistry research*, *48*(8), 3713-3729.

[15] Eriksson, G., & Kjellström, B. (2010). Assessment of combined heat and power (CHP) integrated with wood-based ethanol production. *Applied Energy*, *87*(12), 3632-3641.

[16] Demirbaş, A. (2005). Bioethanol from cellulosic materials: a renewable motor fuel from biomass. *Energy sources*, *27*(4), 327-337.

[17] Kuiper, L., Ekmekci, B., Hamelinck, C., Hettinga, W., Meyer, S., & Koop, K. (2007). Bio-ethanol from cassava. *Quick-scans on upstream biomass*, 143.

[18] Huang, Y., Wei, L., Julson, J., Gao, Y., & Zhao, X. (2015). Converting pine sawdust to advanced biofuel over HZSM-5 using a two-stage catalytic pyrolysis reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *111*, 148-155.

[19] Trada, A., Chaudhary, A., Patel, D., & Upadhyay, D. S. (2022). An alternative fuel production from sawdust through batch-type pyrolysis reactor: Fuel properties and thermodynamic analysis. *Process Safety and Environmental Protection*, *167*, 332-342.

[20] Nam H, Capareda S. Experimental investigation of torrefaction of two agricultural wastes of different composition using RSM (response surface methodology). Energy 2015; 91:507–16.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

STREAMLINED ONE-POT SYNTHESIS OF BIOACTIVE COMPOUNDS WITH SULFUR HETEROCYCLES

Tanzeela Riaz
Department of Chemistry, Government College University

Sana Aslam
Department of Chemistry, Government College Women University

Matloob Ahmad
Department of Chemistry, Government College University

Muhammad Zubair
Department of Chemistry, Government College University

Abstract
Heterocyclic compounds are essential in organic chemistry, possessing diverse pharmacological and interdisciplinary properties. Organic and medicinal chemists synthesize these compounds, especially sulfur-containing ones, for new product development, as these heterocycles serve as crucial building blocks for pharmaceuticals, food products, materials, and electronic devices. While many synthetic methods exist, multicomponent reactions are particularly efficient for creating functionalized sulfur heterocycles, offering high atom economy and cost-effectiveness. These derivatives exhibit a wide range of therapeutic activities, including antiviral, antifungal, anticancer, anti-inflammatory, antimicrobial, antioxidant, and antiplatelet effects.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

INVESTIGATION OF PRESCHOOL TEACHERS' MOTIVATION LEVELS REGARDING DEMOGRAPHIC AND PROFESSIONAL VARIABLES

Ecem Seray DAĞLI
YESD Education Consulting
ORCID: 0000-0002-5522-869X

Assoc. Prof. Deniz Mertkan GEZGİN
Trakya University, Faculty of Education, Computer Education and Instructonal Technology
ORCID: 0000-0003-4688-043X

ABSTRACT
The aim of this study is to examine the motivation levels of preschool teachers in relation to demographic and professional variables. A total of 211 preschool teachers working in Türkiye participated in the study. The research was conducted using a survey model, and non-parametric tests, including the Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis H, and Spearman correlation analysis, were employed for data analysis. The findings indicate that teacher motivation differs significantly based on gender, work status, income level, and relationship status, while no significant differences were observed in terms of institution type and school type. According to the analysis results, being female, being married, working full-time, and earning a higher income positively impact teacher motivation and its sub-dimensions, namely intrinsic, extrinsic, and administrative motivation. The correlation analysis further reveals a weak positive relationship between age, tenure, and teacher motivation, with tenure being a stronger predictor than age. Overall, working conditions, financial security, and personal factors appear to have a greater influence on teacher motivation compared to institutional variables. These findings emphasize the need to strengthen administrative support mechanisms and enhance financial incentives to improve preschool teachers' motivation.
Keywords: Motivation, preschool, teachers, quantitative research.

OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN MOTİVASYON DÜZEYLERİNİN DEMOGRAFİK VE MESLEKİ DEĞİŞKENLERİNE GÖRE İNCELENMESİ

ÖZET
Bu çalışmanın amacı, okul öncesi öğretmenlerinin motivasyon düzeylerini demografik ve mesleki değişkenlere göre incelemektir. Araştırmaya Türkiye'de görev yapan toplam 211 okul öncesi öğretmeni katılmıştır. Araştırma tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiş ve veri analizi için Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis H ve Spearman korelasyon analizi gibi non-parametrik testler kullanılmıştır. Bulgular, öğretmen motivasyonunun cinsiyet, çalışma durumu, gelir düzeyi ve ilişki durumuna göre anlamlı şekilde farklılaştığını gösterirken, kurum türü ve okul türü açısından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Analiz sonuçlarına göre, kadın olmak, evli olmak, tam zamanlı çalışmak ve yüksek gelir elde etmek öğretmen motivasyonunu ve onun alt boyutları olan içsel, dışsal ve yönetsel motivasyonu olumlu yönde etkilemektedir. Korelasyon analizi ayrıca yaş ve görev süresi ile öğretmen motivasyonu arasında zayıf bir pozitif ilişki olduğunu ve görev süresinin yaştan daha güçlü bir yordayıcı olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak, çalışma koşulları, mali güvence ve kişisel faktörlerin öğretmen motivasyonu üzerinde kurumsal değişkenlere kıyasla daha büyük bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Bu bulgular, okul öncesi öğretmenlerinin motivasyonunu artırmak için idari destek mekanizmalarının güçlendirilmesi ve mali teşviklerin artırılması gerektiğini vurgulamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Motivasyon, okul öncesi, öğretmenler, nicel araştırma.

INTRODUCTION

Motivation is defined as the sum of intrinsic and extrinsic factors that direct individuals towards a specific goal and initiate their actions (Eren, 2013; Ryan & Deci, 2000). It is a psychological construct that explains the initiation, direction, intensity, and persistence of behavior. Teacher motivation, in particular, plays a significant role in shaping students' academic success, conceptual development, and the overall quality of education (Balcı, 2011; Gottfried, 2009). Motivation can be classified into three types: intrinsic, extrinsic, and administrative. Intrinsic motivation refers to the desire to engage in an activity for the inherent satisfaction it provides, such as love for the profession, the desire to develop students, and professional ideals (Argon & Ertürk, 2013; Dereli & Acat, 2010). In contrast, extrinsic motivation is driven by external rewards such as salary, promotion, or recognition (Ertürk & Aydın, 2016). Administrative motivation includes strategic interventions by school administrators to enhance teachers' motivation (Doğan & Koçak, 2014; Gümüştaş & Gülbahar, 2022). Additionally, content theories (e.g., Maslow's Hierarchy of Needs, Herzberg's Two-Factor Theory) and process theories (e.g., Vroom's Expectancy Theory, Adams' Equity Theory) aim to understand human behavior from different perspectives (Kurt, 2015; Urhan, 2018). Teacher motivation plays a critical role in both professional development and the overall quality of education. A high level of motivation among teachers is not only expected but also essential across all educational levels, as it directly influences teaching effectiveness and student outcomes. This is particularly significant for preschool teachers, who serve as children's first formal educators and play a foundational role in shaping their early cognitive, social, and emotional development. The motivation levels of preschool teachers can have long-term implications on children's learning trajectories, making it a crucial area of focus in educational research and policy development.

Preschool education is an educational process that supports children's development and prepares them for primary school before they start elementary school, typically between the ages of 0-6 (Kapucu, 2019). This education supports children's physical, emotional, cognitive, language, and social development, forming the foundation of their lives (Oktay, 2007). The primary goal of preschool education is to ensure both the academic and personal development of children and to prepare them for primary school. Additionally, it aims to develop their social skills, support their emotional growth, and help them acquire essential life skills (Hirsh, 2004). During this process, children's imagination, creativity, problem-solving, motor, and language skills are developed, as well as their ability to work in groups and express their emotional needs. Preschool teachers play the most critical role in the effectiveness of preschool education. These teachers act as vital guides in children's early development journeys, fostering a passion for learning and laying a strong foundation for their future educational lives. Therefore, having high teacher motivation is crucial for the effectiveness of the educational process and for the healthy development of children. Teachers' motivation directly affects their contributions to the educational process, the role model behaviors they present to students, and the overall quality of education. Studies indicate that preschool teachers generally have high motivation levels, with intrinsic motivation being particularly prominent (Çubukçu & Kahraman, 2019; Dereli & Acat, 2010).

Furthermore, administrative motivation—encompassing fair and democratic leadership, recognition, and the effective use of reward mechanisms—plays a crucial role in sustaining teacher motivation (Gümüştaş & Gülbahar, 2022; Yakışıklı et al., 2023). In addition to administrative factors, various studies have examined other determinants of preschool teacher motivation, including intrinsic and extrinsic influences such as salary, professional development opportunities, workload, and workplace environment (Arık, 2016; Engin et al., 2015; Yazıcı, 2009). Studies have also examined the relationship between motivation, teaching effectiveness, and student learning outcomes. For instance, research indicates that preschool teachers exhibit high levels of intrinsic motivation but moderate levels of extrinsic motivation (Ertürk & Aydın, 2016). Additionally, administrative motivation plays a crucial role, as findings suggest that school administrators' leadership and communication skills positively influence teacher motivation (Aksel & Elma, 2018; Doğan & Koçak, 2014).

While these studies offer valuable insights, the existing literature remains limited, particularly in recent years. The long-term effects of the post-COVID-19 period on teacher motivation have not been sufficiently examined, and despite significant teacher salary increases and educational reforms in Turkey, there is a lack of research on how these policy changes impact preschool teacher motivation. Furthermore, although previous studies have identified various motivational factors, research specifically addressing the motivation levels of preschool teachers in relation to demographic and occupational variables remains scarce. Existing literature often generalizes findings from teachers with higher levels of education and fails to address the unique challenges faced by preschool educators. In particular, studies investigating the relationship between preschool teachers' motivation and factors such as gender, school type, employment status, institution type, income level, relationship status, age, and tenure are notably limited. In this period when Generation Z is now in the teaching profession, the relationship between seniority and age and teacher motivation is also remarkable. A deeper understanding of these factors is essential for informing educational policies and practices that effectively support and sustain teacher motivation in early childhood education.

As can be seen, high teacher motivation is of great importance for both the effectiveness of the educational process and the healthy development of children. In addition, the study will contribute to the field in terms of the insufficiency of studies examining the motivation levels of preschool teachers in terms of demographic and professional factors and filling the gaps mentioned in the study. Because the findings obtained will provide valuable information to understand the motivation of preschool teachers, to reveal the variables affecting it, and to improve educational policies and practices. In this context, the following research questions are sought to be answered:

1. What is the preschool teachers' motivation level?
2. Does preschool teachers' motivation level differ based on gender, school type, working status, institution type, income level, and relationship status?
3. Is there a relationship between preschool teachers' motivation level and their age and tenure?

METHOD

Research Design

The research is a correlational and comparative type of relational survey model. The relational survey model, a type of survey model, is a research model that aims to determine the existence and/or degree of co-variation between two or more variables. There are two types of relational survey models: correlational and comparative.

In correlation-type research models, the study examines whether variables change together and how the existing change occurs, while in the comparative type, groups are formed based on the independent variable between at least two variables, and the study examines whether there is a difference between the groups based on the dependent variable (Karasar, 2012).

Study Group

The participants of the study consisted of 211 preschool teachers. The participants were reached using the convenience sampling method. The selection of this method was influenced by labor, financial, and time constraints. To access preschool teachers, an online survey was conducted via Google Forms. Among the participants, 140 (66.3%) were female, and 71 (33.7%) were male preschool teachers. The average age was 32.35 years, and the mean tenure were 9.05. The study received participation from 24 provinces. The most represented province among the participants is Edirne, with 47.4% (n = 100) of the total participants working in this city. Istanbul ranks second, accounting for 20.9% (n = 44) of the sample, representing a significant portion of the participants. Table 1 indicates results.

Table 1. Information about participants

Variables	**Categories**	**N**	**%**
Gender	Female	140	66.3
	Male	71	33.7
Relationship Status	Single, not in a Relationship	52	24.6
	Single, In a Relationship	50	23.7
	Married	109	51.7
Type of School	Kindergarten	143	67.8
	Preschool	68	32.2
Type of Institute	Public	109	51.7
	Private	102	48.3
Working Status	Full Time	159	75.4
	Part Time	52	24.6
Income Level (TL)	20.000-29.999	68	32.2
	30.000-39.999	79	37.4
	40.000 and above	64	30.4
Total Participants		211	100.0

Data Collection Instruments

The study includes questions necessary to obtain data on participants' gender, age, relationship status, tenure, income level, type of institution they work at, type of institute, and work status. In order to assess the motivation levels of preschool teachers, the study employed the "Teacher Motivation Scale in the Context of Intrinsic, Extrinsic, and Administrative Factors", originally developed by Kilic and Yılmaz (2019). This scale enables a comprehensive evaluation of teacher motivation by considering internal drives, external incentives, and institutional dynamics. The scale consists of 18 items, with no reverse-scored items. It comprises three sub-dimensions: “intrinsic motivation, extrinsic motivation, and administrative motivation”. The scale is rated on a 5-point Likert scale, and its reliability was reported with a Cronbach’s Alpha of .74. In the present study, Cronbach’s Alpha coefficient was calculated as .91. The reliability coefficients for the sub-dimensions were found to be .87 for intrinsic motivation, .80 for extrinsic motivation, and .77 for administrative motivation.

Data Collection Process

The data for this study were obtained via a voluntary online survey. The data gathering procedure spanned one month during the 2024-2025 school year. Participants were apprised of the study, and their agreement for participation was secured. The survey required roughly 10 minutes to complete.

Data Analysis

The data that were collected underwent analysis utilizing the R programming language (version 4.2.0). The normality of the distribution of teacher motivation was assessed using the shapiro.test () function, and the results indicated that the assumption of normality was not met ($p < .05$). Consequently, non-parametric tests were employed in the study. For data analysis, the summary () function was used for descriptive statistics, while categorical variables were presented using percentage frequency tables. To examine differences between two independent groups, the wilcox.test () function (Mann Whitney-U test) was applied, whereas comparisons among three or more groups were conducted using the kruskal.test () function (Kruskal-Wallis H test). In cases where the Kruskal-Wallis-H test revealed significant differences, Dunn's post-hoc test was performed using the dunn.test () function with Bonferroni correction to identify differences between groups. Additionally, to evaluate relationships between variables, the cor.test () function (Spearman's rho correlation analysis) was utilized.

Ethical Issues

The study was considered ethically suitable, as shown by decision number 03/31 from the Trakya University Social and Human Sciences Research Ethics Committee meeting on 05.03.2025.

FINDINGS

The descriptive statistics on teachers' motivation levels indicate that intrinsic motivation is generally at an upper-moderate level ($M = 3.73$, $SD = 0.844$). The minimum and maximum values of 1.63 and 5.00, respectively, suggest that while some teachers exhibit very low intrinsic motivation, others display significantly high levels. This finding indicates variability in motivation levels among individuals. In terms of extrinsic motivation, the mean score of 3.68 and a standard deviation of 0.992 suggest that extrinsic motivation is also at an upper-moderate level; however, it demonstrates greater individual variation compared to intrinsic motivation. The distribution of extrinsic motivation scores among teachers is broader, with some teachers exhibiting significantly high levels while others scoring considerably lower. Regarding administrative motivation, the mean score is calculated as 3.51, with a standard deviation of 0.877. The maximum value of 4.80 indicates that administrative factors do not provide equally high levels of support for all teachers. This finding may imply the necessity of improving administrative practices or support mechanisms. Examining overall motivation levels, the mean score is found to be 3.65, with a standard deviation of 0.862. The observed range between 1.72 and 4.94 suggests that motivation is influenced by intrinsic, extrinsic, and administrative factors. Although motivation levels exhibit a generally balanced distribution, the presence of some teachers with low motivation is noteworthy. These findings suggest that teachers' motivation levels are generally at an upper-moderate level; however, individual differences are more pronounced, particularly in terms of extrinsic motivation.

The relatively lower upper limit of administrative motivation compared to other motivation types highlights the potential need for strengthening administrative support mechanisms. Table 2 indicates the results.

Table 2. Descriptive Statistics

Motivation Factors	N	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
Intrinsic	211	1.63	5.00	3.73	.844	-.231	-1.041
Extrinsic	211	1.80	5.00	3.68	.992	-.466	-1.008
Administrative	211	1.80	4.80	3.51	.877	-.395	-.992
Teacher Motivation	211	1.72	4.94	3.65	.862	-.435	-1.097

The results indicate that teachers' motivation levels significantly differ by gender. The findings reveal that female teachers have significantly higher intrinsic motivation levels (Mean Rank = 121.00) compared to their male counterparts (Mean Rank = 76.42) ($U = 7070.50$, $p < .01$). This suggests that female teachers are more inclined toward intrinsic motivators, such as professional satisfaction. Additionally, the fact that women are more likely to choose early childhood teaching and their role as mothers may enhance their sense of belonging to the profession, making intrinsic motivation a key factor in their career commitment. Similarly, in terms of extrinsic motivation, female teachers (Mean Rank = 121.70) scored significantly higher than male teachers (Mean Rank = 75.05) ($U = 7167.50$, $p < .01$). This finding suggests that female teachers may place greater value on extrinsic rewards, such as salary and job security. Regarding administrative motivation, female teachers (Mean Rank = 121.00) were found to have significantly higher motivation levels compared to male teachers ($U = 7070.00$, $p < .01$). This result may indicate that administrative support and guidance are more prominent motivational factors for female teachers. When examining overall motivation levels, female teachers (Mean Rank = 121.68) exhibited significantly higher motivation compared to male teachers (Mean Rank = 75.03) ($U = 7165.00$, $p < .01$). These findings highlight the critical role of gender in teacher motivation, suggesting that female teachers tend to exhibit higher levels of both intrinsic and extrinsic motivation. Table 3 indicates the results.

Table 3. Gender Results

Motivation Factors	**Categories**	**N**	**Mean Rank**	**Sum of Ranks**	**U**	**Z**	**p**
Intrinsic	Female	140	121.00	16940.50	2869.50	-5.021	.00**
	Male	71	76.42	5425.50			
Extrinsic	Female	140	121.70	17037.50	2772.50	-5.258	.00**
	Male	71	75.5	5328.50			
Administrative	Female	140	121.00	16940.00	2870.00	-5.027	.00**
	Male	71	76.42	5426.00			
Teacher Motivation	Female	140	121.68	17035.00	2775.00	-5.240	.00**
	Male	71	75.08	5331.00			

**p<0.01

The results showed that preschool teachers' teacher motivation and its sub-factors do not change according to intrinsic, extrinsic, and administrative teacher motivation (p > .05). As a result of the findings, it can be said that working in kindergarten or preschool is not a variable that will make a difference in terms of teacher motivation. Table 4 indicates the results.

Table 4. School Type Results

Motivation Factors	**Categories**	**N**	**Mean Rank**	**Sum of Ranks**	**U**	**Z**	**p**
Intrinsic	Kindergarten	143	108.07	15454.00	4566.00	-.715	.47
	Preschool	68	101.65	6912.00			
Extrinsic	Kindergarten	143	106.64	15249.00	4345.00	-.220	.83
	Preschool	68	104.66	7117.00			
Administrative	Kindergarten	143	110.70	15830.50	5393.00	-1.628	.10
	Preschool	68	96.11	6535.50			
Teacher Motivation	Kindergarten	143	108.64	15535.50	5161.00	-.911	.36
	Preschool	68	100.45	6830 .50			

The results were analyzed to determine whether teacher motivation significantly differs based on work status (full-time vs. part-time). The findings indicate that there are statistically significant differences in intrinsic motivation (U = 3287.50, p = .03), administrative motivation (U = 3277.00, p = .02), and overall teacher motivation (U = 3370.00, p = .04), with full-time teachers exhibiting higher motivation levels in these dimensions compared to part-time teachers. In contrast, no statistically significant difference was observed in extrinsic motivation (U = 3423.00, p = .06), despite full-time teachers having a slightly higher mean rank (Mean Rank = 110.47) than part-time teachers (Mean Rank = 92.33). Since the p-values for intrinsic, administrative, and overall motivation are below the conventional significance threshold of .05, these findings suggest that full-time teachers tend to have higher motivation levels in these areas. However, extrinsic motivation appears to be similar across both groups. Overall, the results indicate that work status plays a role in teacher motivation, with full-time teachers demonstrating greater intrinsic, administrative, and general motivation compared to their part-time counterparts. Table 5 indicates the results.

Table 5. Working Status Results

Motivation Factors	**Categories**	**N**	**Mean Rank**	**Sum of Ranks**	**U**	**Z**	**p**
Intrinsic	Full time	159	111.32	17700.50	3287.50	-2.219	.03*
	Part time	52	89.72	4665.50			
Extrinsic	Full time	159	110.47	17565.00	3423.00	-1.865	.06
	Part time	52	92.33	4801.00			
Administrative	Full time	159	111.39	17711.00	3277.00	-2.249	.02*
	Part time	52	89.52	4655.00			
Teacher Motivation	Full time	159	110.81	17618.00	3370.00	-2.000	.04*
	Part time	52	91.31	4748 .00			

*p<0.05

The results were analyzed to assess whether teacher motivation significantly differs based on institutional affiliation. The findings indicate that there is no statistically significant difference in intrinsic, extrinsic, administrative, or overall motivation levels between teachers working in public and private institutions. In terms of intrinsic motivation, although teachers in public institutions had a higher mean rank (Mean Rank = 108.64) compared to those in private institutions (Mean Rank = 103.18), this difference was not statistically significant (U=5271.00, p=.52). Similarly, no significant differences were observed in extrinsic motivation (U=5199.00, p=.42), administrative motivation (U= 5393.00, p=.71), or overall teacher motivation (U=5161.00, p=.37) between the two groups. Since all p-values exceed the .01 significance threshold, these findings suggest that teacher motivation does not vary significantly based on institution type. Overall, the results indicate that teachers in public and private institutions exhibit similar motivation levels, with no substantial differentiation in terms of institutional affiliation. Table 6 indicates the results.

Table 6. Institution Type Results

Motivation Factors	Categories	N	Mean Rank	Sum of Ranks	U	Z	p
Intrinsic	Public	109	108.64	11482.00	5271.00	-.651	.52
	Private	102	103.18	10524.00			
Extrinsic	Public	109	109.30	11914.00	5199.00	-.815	.42
	Private	102	102.47	10452.00			
Administrative	Public	109	107.52	11720.00	5393.00	-.376	.71
	Private	102	104.37	10646.00			
Teacher Motivation	Public	109	109.65	11952.00	5161.00	-.898	.37
	Private	102	102.10	10414 .00			

The results showed that there were significant differences between income groups in intrinsic, extrinsic, administrative, and general motivation factors ($p < .01$). As a result of post-hoc analyses with the Bonferroni-corrected Dunn test, there was no significant difference between Group 1 (20.000-29.999 TL) and Group 2 (30.000-39.999 TL) in terms of intrinsic motivation ($Z = 1.54$, $p = .19$). Group 3 (40.000 TL and above), which has a high-income group, was found to have significantly higher intrinsic motivation compared to both Group 1 ($Z = -3.16$, $p < .01$) and Group 2 ($Z = -4.78$, $p < .01$). A similar pattern emerged in extrinsic motivation, with Group 3 showing significantly higher levels compared to Group 1 ($Z = -3.26$, $p < .01$) and Group 2 ($Z = -4.82$, $p < .01$). No significant difference was found between Group 1 and Group 2 ($Z = 1.47$, $p = .21$). In the analysis for administrative motivation, Group 3 was found to have significantly higher levels compared to both Group 1 ($Z = -3.10$, $p < .01$) and Group 2 ($Z = -4.40$, $p < .01$). The difference between Group 1 and Group 2 was not statistically significant ($Z = 1.20$, $p = .34$). When general motivation levels were analyzed, it was observed that Group 3 had significantly higher motivation levels compared to both Group 1 ($Z = -3.53$, $p < .01$) and Group 2 ($Z = -4.95$, $p < .01$). No significant difference was observed between Group 1 and Group 2 ($Z = 1.31$, $p = .28$). Mean rankings across all motivation types consistently showed that Group 3 had the highest rankings.

This indicates that teachers in the high-income group (40.000 TL and above) tend to have higher levels in all motivation dimensions. As a result of the analysis, it can be said that income status plays a critical role in teacher motivation, and higher income levels have a positive effect on motivation. Table 7 indicates the results.

Table 7. Income Level Results

Motivation Factors	**Categories (TL)**	**N**	**Mean Rank**	**X^2**	**df**	**p**	**Difference**
Intrinsic	20.000-29.999	68	101.62	23.397	2	.00**	3>1, 3>2
	30.000-39.999	79	86.14				
	40.000 and above	64	135.17				
Extrinsic	20.000-29.999	68	101.07	28.898	2	.00**	3>1, 3>2
	30.000-39.999	79	86.25				
	40.000 and above	64	135.62				
Administrative	20.000-29.999	68	100.57	20.143	2	.00**	3>1, 3>2
	30.000-39.999	79	88.44				
	40.000 and above	64	133.45				
Teacher Motivation	20.000-29.999	68	99.58	25.583	2	.00**	3>1, 3>2
	30.000-39.999	79	86.33				
	40.000 and above	64	137.10				

**p<0.01; 1: 20.000-29.999 TL; 2: 30.000-39.999 TL; 3: 40.000 TL and above.

The results indicated significant differences among relationship status groups in intrinsic, extrinsic, administrative, and overall motivation factors ($p<.05$). Post-hoc analyses using the Dunn test revealed that the differences were particularly pronounced between the "Married" and "Single, in a relationship" groups across all motivation factors ($p<.05$). In the study, when teachers' motivation levels were examined based on their relationship status, it was found that teachers who were single and not in a relationship had significantly higher intrinsic motivation compared to those who were single but, in a relationship, ($Z = 2.84$, $p=.02$). However, while there was no significant difference between married teachers and those who were single and not in a relationship ($Z=2.11$, $p=.10$), married teachers had significantly higher intrinsic motivation compared to those who were single but in a relationship ($Z = 5.38$, $p < .00$). In terms of extrinsic motivation, no significant difference was found between teachers who were single and not in a relationship and those who were single but in a relationship ($Z = 1.94$, $p=.16$), but married teachers had higher extrinsic motivation compared to teachers who were single and not in a relationship ($Z = 2.92$, $p=.01$). Moreover, married teachers had significantly higher extrinsic motivation than those who were single but in a relationship ($Z = 5.13$, $p < .01$). Regarding administrative motivation, teachers who were single and not in a relationship exhibited higher motivation compared to those who were single but in a relationship ($Z = 2.60$, $p=.03$). However, while there was no significant difference between married teachers and those who were single and not in a relationship ($Z = 2.01$, $p=.13$), married teachers had higher administrative motivation than those who were single but in a relationship ($Z = 5.00$, $p < .01$). When overall motivation levels were examined, it was observed that teachers who were single and not in a relationship had higher motivation levels compared to those who were single but in a relationship ($Z = 2.58$, $p = .03$).

Additionally, married teachers had significantly higher overall motivation levels than teachers who were single and not in a relationship (Z=2.45, p=.04). Furthermore, married teachers had significantly higher overall motivation compared to those who were single but, in a relationship, (Z=5.41, p < .01). It can be concluded that married teachers tend to exhibit higher levels of motivation, whereas teachers who are in a romantic relationship but are not married demonstrate comparatively lower teacher motivation levels. Table 8 indicates the results.

Table 8. Relationship Status Results

Motivation Factors	Categories	N	Mean Rank	X^2	df	p	Difference
Intrinsic	Single, not in a Relationship	52	102.90	29.113	2	.00**	1>2, 3>2
	Single, In a Relationship	50	68.62				
	Married	109	124.62				
Extrinsic	Single, not in a Relationship	52	96.08	28.122	2	.00**	3>1, 3>2
	Single, In a Relationship	50	72.69				
	Married	109	126.01				
Administrative	Single, not in a Relationship	52	102.78	25.237	2	.00**	1>2, 3>2
	Single, In a Relationship	50	71.39				
	Married	109	123.41				
Teacher Motivation	Single, not in a Relationship	52	100.36	29.900	2	.00**	1>2, 3>1, 3>2
	Single, In a Relationship	50	69.16				
	Married	109	125.59				

**p<0.01; 1: Single, not in a Relationship; 2: Single, in a Relationship; 3: Married.

An analysis of the relationship between age, tenure, and teacher motivation reveals that both variables are positively associated with all dimensions of motivation. However, these relationships are generally weak to moderate, with correlation coefficients ranging between r = 0.205 and r = 0.302. The relationship between tenure and motivation appears slightly stronger than that of age, suggesting that work experience may be a more influential factor than age alone. Both age and tenure exhibit the strongest correlation with intrinsic motivation (r = 0.277 for age, r = 0.302 for tenure), indicating that as teachers gain experience and grow older, their intrinsic motivation tends to increase more significantly compared to other motivation types. On the other hand, the weakest correlations were observed with administrative motivation (r = 0.205 for age, r = 0.237 for tenure), suggesting that administrative motivation may be relatively independent of age and tenure and influenced by other factors.

Overall, these findings suggest that while age and tenure have a positive impact on teacher motivation, their influence remains limited. This indicates that motivation is likely shaped by a range of other factors, such as working conditions, rewards, job satisfaction, and the broader professional environment, rather than being solely determined by demographic variables like age and tenure. Table 9 indicates the results.

Table 9. Correlational Analysis Results

Variables	Intrinsic	Extrinsic	Administrative	Teacher Motivation	Age	Tenure
Intrinsic	1	.915**	.819**	.972**	.277**	.302**
Extrinsic		1	.819**	.959**	.267**	.302**
Administrative			1	.898**	.205**	.237**
Total Motivation				1	.267**	.302**
Age					1	.933**
Tenure						1

**p<0.01

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This study established the overall motivation level of preschool instructors at M=3.65. Furthermore, intrinsic motivation was measured at M=3.73, extrinsic motivation at M=3.68, and administrative motivation at M=3.65. The results demonstrate that intrinsic motivation surpasses other forms of motivation. Ertürk (2016) performed a study revealing that secondary school instructors had a moderate degree of motivation, characterized by strong intrinsic motivation and moderate extrinsic drive. This outcome corresponds with the findings of the current investigation. Thesis research by Urhan (2018) indicated that instructors had elevated intrinsic motivation, high general motivation, and moderate extrinsic drive. Polat (2010) found that educators in both private and public kindergartens had strong intrinsic drive, although their extrinsic motivation was comparatively lower. Moreover, the educators included in this study indicated certain adverse elements about administrative procedures and the exercise of authority inside their institutions. Research by İhtiyaroğlu (2017) revealed that instructors exhibited the lowest averages on overall teacher motivation and extrinsic motivation. A review of the pertinent research indicates that educators often exhibit elevated levels of both general and intrinsic motivation. This study's findings suggest that preschool instructors exhibit the highest degree of intrinsic motivation, but their overall motivation is at a commendable level. In this case, it can be said that preschool teachers embrace their profession, believe that they have competences related to the teaching profession and perform their professional duties willingly (Yalçın & Korkmaz, 2013).

In this study, it was determined that female teachers have significantly higher motivation levels across all types of motivation compared to male teachers. This finding is consistent with previous research (Algın, 2023), which also reported similar results. Although studies directly supporting these findings are limited, Ertürk (2016) and Kılıç (2018) research indicated that intrinsic motivation varies by gender, whereas no significant difference was found in extrinsic motivation and job motivation perceptions. On the other hand, some studies suggest that teachers' motivation levels do not differ based on gender (Alpanık, 2011; Karakaya, 2019; Sari et al., 2018; Urhan, 2018). In addition, according to the study conducted by Handayani (2016), it was concluded that male teachers have more extrinsic motivation. A review of the literature reveals a general consensus that gender is not a determining factor in overall teacher motivation.

This suggests that teacher motivation is more closely related to personal interests, professional goals, and working conditions rather than gender. However, in this study, the finding that female teachers exhibit higher motivation across all types of motivation may be interpreted in light of societal perceptions that early childhood education is generally more suitable for women. Additionally, the role of motherhood may contribute to their professional motivation, and their intrinsic motivation for early childhood education may be stronger.

No significant difference was found in the teacher motivation of preschool teachers in terms of working in kindergarten or preschool classrooms. Preschool teachers usually work in primary schools and are subject to a more structured school organisation. This may lead them to have different experiences than kindergarten teachers in terms of workload, responsibilities, and curriculum alignment. Kindergarten teachers, on the other hand, work in an environment that is more independent and emphasises play-based education. This situation allows teachers to use their creativity and flexibility more. However, the findings show that these factors do not make a significant difference on general motivation and its sub-factors. In support of this finding, it can be shown that preschool teachers' motivation levels depend more on social factors, especially social relationships among teachers, school culture, and principal leadership (Masoom, 2021). On the contrary, the findings of one study concluded that kindergarten teachers faced more problems in terms of working conditions than teachers working in independent kindergartens (Gündoğan, 2002). Some studies have also reported that the physical environment and the unsuitability of kindergartens are among the problems of preschool teachers (Ağgül Yalçın & Yalçın, 2018; Aktan Kerem & Cömert, 2006). Increasing problems may play a role in decreasing motivation, especially in terms of administrative aspects (Ergen & Günay, 2019). However, as a result of the findings of the study, it was concluded that the institution does not have an effect on teacher motivation.

When examining whether teacher motivation among preschool teachers differs according to work status (full-time vs. part-time), it was found that general motivation, intrinsic motivation, and administrative motivation levels were significantly higher in favor of full-time teachers. Although no statistically significant difference was observed in terms of extrinsic motivation, the findings at the $p = .06$ level indicate marginal significance, suggesting that full-time teachers have slightly higher levels of extrinsic motivation. These results suggest that full-time working status may have a positive impact on teacher motivation. A review of the literature reveals that studies have generally focused on contract and permanent teachers (Demirci, 2011). Supporting this, a study by Aküzüm et al. (2024) examining the challenges faced by contract teachers from the perspective of teacher opinions found that the majority of participants were dissatisfied with being contract teachers. However, it appears that there is a limited number of studies that specifically address teacher motivation based on work status (full-time vs. part-time). In light of this finding, it can be suggested that full-time working may be important for teacher motivation.

No significant difference in motivation levels was seen among preschool instructors depending on their employment in private vs public institutions. Nonetheless, it seems that there is few research in the literature corroborating this conclusion. Conversely, several studies have indicated variations in teacher motivation levels contingent upon the sort of school in which they are employed. Research by Urhan (2018) revealed that educators at private schools had more intrinsic, extrinsic, and total motivation than those in public schools. Research by Small and Buckman (2021) indicated that educators at private schools had higher motivation levels compared to their public-school counterparts, a difference ascribed to more supportive management practices and increased autonomy afforded to private school instructors.

Furthermore, it has been observed that perceived organizational justice significantly affects motivation, with instructors at private schools seeing a higher level of organizational justice, hence positively influencing their motivation (Dağ, 2018). A thesis study indicated that public sector teachers held a more favourable impression of school atmosphere compared to their private sector counterparts (Mavi, 2024). Research indicates significant disparities in teacher motivation between private and public educational institutions. Consequently, further study is required to elucidate how these structural and resource disparities influence teacher behavior. Our data reveal no major disparity in teacher motivation between private and public schools. This outcome indicates that educators in both categories of schools may possess comparable sources of motivation. This study posits that elements such as working circumstances, leadership style, and professional support systems inside the school significantly influence teacher motivation. Therefore, it is recommended that efforts to enhance teacher motivation focus on supportive elements and creating a positive working environment within the school, rather than on the type of school itself.

In the study, differences in general teacher motivation as well as intrinsic, extrinsic, and administrative teacher motivation were identified based on income levels. Specifically, it was found that teachers with a monthly income of 40,000 TL or more had significantly higher motivation levels compared to other groups. This finding aligns with results from previous research in the literature, indicating that teachers' general and extrinsic motivation levels are influenced by external factors such as income level. In a study conducted by Yazıcı (2009), the importance of external factors, such as income level, among the sources of teachers' intrinsic and extrinsic motivation was emphasized. In this context, it is expected that teachers with higher income levels will exhibit higher motivation levels. Similarly, in a study examining factors affecting teacher motivation, 80% of teachers stated that their income level positively impacted their motivation (Engin et al., 2015). In a thesis study by Okçu (2015), it was reported that 50% of teachers experienced issues related to assignment, promotion, and salary, and that they believed their salaries needed improvement. However, in another thesis study conducted by Arık (2016), it was reported that there was no significant difference in motivation levels based on income among teachers working in private and public schools. Overall, both the relevant literature and the findings of this study suggest that income level is an important factor positively affecting teacher motivation.

The study shows that the relationship status of preschool teachers has a significant impact on teacher motivation in terms of intrinsic, extrinsic, administrative, and overall motivation factors. The findings reveal that married teachers generally exhibit higher levels of motivation, whereas teachers who are in a romantic relationship but not married have comparatively lower motivation levels. This finding suggests that marriage, as a more stable and committed relationship status, may contribute to higher motivation in a professional context. In particular, it was found that married teachers have significantly higher levels of intrinsic motivation compared to teachers who are in a romantic relationship but not married. In terms of extrinsic motivation, married teachers were found to have higher levels than both single teachers in a romantic relationship and single teachers who are not in a relationship. This result can be interpreted as the financial and social responsibilities associated with marriage driving teachers to seek external rewards and recognition. Regarding administrative motivation, married teachers were found to have higher levels of motivation compared to teachers who are in a romantic relationship but not married. This finding suggests that the marital status of teachers may lead to a greater sense of responsibility, security, and commitment in their relationships with school management.

When examining overall motivation levels, it was observed that married teachers have higher motivation levels than both single teachers not in a relationship and teachers in a romantic relationship. These results suggest that married teachers tend to exhibit higher levels of motivation, while teachers who are in a romantic relationship but not married have comparatively lower motivation levels. In the relevant literature, the impact of marital status on teacher motivation has been emphasized. Some studies report that marital status does not have a significant effect on teacher motivation (Ateş & Buluç, 2018; Gürgür et al., 2012; Karakuş & Gül, 2023; Şahin & Dursun, 2009). However, consistent with our findings, thesis studies conducted by Urhan (2018) and Algın (2023) have reported that married teachers have higher scores in intrinsic, extrinsic, and overall motivation compared to single teachers. A notable finding in this study is that teachers who are single but in a romantic relationship have low motivation levels across all factors of teacher motivation. This may be attributed to the responsibilities, emotional fluctuations, or challenges associated with romantic relationships. Additionally, teachers who are single but in a romantic relationship may experience uncertainty regarding the future of their relationship, which could negatively impact their motivation levels.

When evaluating the final findings of the study, the relational analyses regarding teacher motivation and its sub-factors indicate that an increase in the age and tenure of preschool teachers leads to a slight increase in motivation levels. This finding aligns with the study conducted by Taş (2022), which found that teachers aged 41 and above had higher intrinsic motivation scores compared to teachers aged 35 and below. In the same study, it was observed that teachers with a tenure of 16 years or more had higher intrinsic motivation scores compared to teachers with fewer years of service. This suggests that as experience and age increase, teachers' intrinsic motivation also tends to increase. Similarly, a study conducted by Ertürk (2016) found that teachers aged 41 and above and those with 16 years or more of tenure (the group with the highest age and tenure in the study) had higher levels of both intrinsic and extrinsic motivation compared to other groups. However, different results were obtained in the study by Kılıç and Yılmaz (2019). According to their findings, as tenure increases, teachers' intrinsic, extrinsic, and administrative motivation levels vary, but motivation tends to be higher at the beginning of their career, with a decline observed over the years. These differing findings in the literature suggest that the impact of age and tenure on teacher motivation may vary depending on the context and working conditions. In line with the findings of this study, it can be concluded that an increase in tenure positively affects teacher motivation. This may be attributed to factors such as teachers' ability to benefit more from institutional status and organizational support mechanisms as tenure increases, as well as the growth of professional self-confidence and self-efficacy over the years.

Based on the findings of this study, it can be concluded that preschool teachers' motivation levels are influenced by various factors, including age, working status, tenure, income level, gender, and relationship status. The study highlights that intrinsic motivation tends to be higher among preschool teachers, suggesting that they are driven by a sense of professional purpose and commitment to their work. While age and tenure show a slight positive effect on motivation, working status (full-time vs. part-time) and income level emerge as significant factors influencing motivation. Additionally, married teachers tend to exhibit higher motivation levels, while those in romantic relationships but not married show lower motivation levels. Given these findings, it is recommended that schools focus on creating supportive working environments that emphasize professional development, fair compensation, and a positive organizational climate to enhance teacher motivation.

In addition, the positive impact of making teacher appointments in the public sector and improving teacher salaries in both the public and private sectors on teacher motivation should not be forgotten.

REFERENCES

Ağgül Yalçın, F., & Yalçın, M. (2018). Preschool Teachers' Views of Preschool Educational Problems: Ağrı City Sample. *Elementary Education Online,* 17(1), 367-383.

Algın, G. (2023). *Öğretmenlerin mesleki yabancılaşması ve mesleki motivasyon düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi [Examination of the relationship between teachers' professional alienation and vocational motivation levels]* (Unpublished master's thesis). Sakarya University Institute of Educational Sciences, Sakarya.

Aksel, N., & Elma, C. (2018). The relationship between secondary school principals' transformational skills and teachers' motivation. *Abant İzzet Baysal University Journal of Education Faculty*, 18(3), 1252-1268.

Aküzüm, C., Azboy, İ., Yaşar, Z., & Akçay, A. (2024). Examining the Issues Faced by Contract Teachers from the Perspective of Teachers' Opinions]. *Dicle University Journal of Ziya Gökalp Education Faculty,* 45, 40-60.

Aktan Kerem, E., & Cömert, D. (2006). Siirt ilinde okul öncesi eğitimin sorunlarının tespitine yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi [Study of Teacher Views to Determine the Problems of Pre-School Education in Siirt]. *Milli Eğitim Dergisi,* 34(170), 112-125.

Alpanık, F. (2011). *Resmi ilköğretim okullarında okul içi şiddet algısı ile motivasyon arasındaki ilişkinin incelenmesi [The investigation of the relationship between perception of school violence and motivation level in official primary schools]* (Unpublished master's thesis). Marmara University Institute of Educational Sciences, İstanbul.

Argon, T., & Ertürk, R. (2013). Intrinsic Motivations of Primary School Teachers and Their Perceptions of Organizational Identity. *Educational Administration: Theory and Practice*, *2*(2), 159-179.

Arık, H. (2016). *Özel ve devlet kuruluşlarında çalışan öğretmenlerin mobbing, kaygı ve iş motivasyonu düzeylerinin incelenmesi [Examination of mobbing, anxiety and work motivation levels of private and public sector teachers]* (Unpublished master's thesis). Beykent University Institute of Social Sciences, İstanbul.

Ateş, Ö. T., & Buluç, B. (2018). Examining Motivation and Organizational Commitment in primary Education Teachers in Terms of Demographic variables. *The Journal of Mehmet Akif Ersoy University Education Faculty*, 48, 1-30.

Balcı, A. (2011). The Changing Context of Educational Administration and its Effects on Educational Administration Postgraduate Programmes. *Education and Science*, 36(162), 196-208.

Çubukcu, A., & Kahraman, P. B. (2019). The Relation between Academic Internal Motivation and Self-Leadership Levels of Preschool Teacher Candidates. *Bursa Uludağ University Journal of Education Faculty*, 32(1), 25-41.

Dağ, S. (2018). *Özel okullarda iş doyumu ve örgütsel güvenin yordayıcısı olarak yetenek yönetimi [Talent management as the predictor of the job satisfaction and the organizational trust for the private schools]* (Unpublished master's thesis). İstanbul Sabahattin Zaim University Institute of Social Sciences, İstanbul.

Demirci, O. (2011). *İlköğretim okullarında çalışan sözleşmeli ve kadrolu öğretmenlerin özlük haklarındaki farklılıklar ve iş motivasyonu [Differences in regular and contracted primary school teachers' personal rights and their work performance]* (Unpublished master's thesis). Uşak University Institute of Social Sciences, Uşak.

Dereli, E., & Acat, M. B. (2010). Motivation Source and Problems Relative Teacher Occupation of Preschool Education Teacher Department Students. *The Journal of Selçuk University Social Sciences Institute,* 24, 173-187.

Doğan, S., & Koçak, O. (2014). Relationship between School Administrators' Social Communication Skills and Teachers' Motivation. *Educational Administration Theory and Practice journal*, 20(2), 191-216.

Engin, A., Kişi, K. G., Özcan, Ö., & Arslan, M. (Mayıs, 2015). Öğretmen motivasyonunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Canik Başarı Üniversitesi Öğrenci* Sempozyumu (pp. 39-41)*,* Samsun-Türkiye.

Eren, E. (2013). *Yönetim ve organizasyon: çağdaş ve küresel yaklaşımlar (13. Baskı).* Beta Yayınları.

Ergen, H., & Günay, T. (2019). Okul Öncesi Öğretmenlerinin Çalıştığı Kurumlarda Yaşadığı Yönetsel Sorunlarla İlgili Görüşleri [Teachers' opinions on the administrative problems that they encounter in the institutions they are charged]. *Uşak University Journal of Educational Research , 5*(2), 63-89.

Ertürk, R. (2016). Work Motivation of Teachers. *Journal of Education, Theory and Practical Research,* 2(3), 1-15.

Ertürk, R., & Aydın, B. (2016). The Relationship Between Work Motivation of Teachers and Their Organizational Commitment. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, (9), 147-173.

Gottfried, A. E. (2009). *Commentary: The role of environment in contextual and social influences on motivation: Generalities, specificities and causality*. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school (pp. 462-475).* New York: Routledge.

Gümüştaş, Z., & Gülbahar, B. (2022). Factors Affecting the Professional Motivation of Teachers. *Pearson Journal of Social Sciences & Humanities*, 7(20), 180-200.

Gürgür, H., Kış, A., & Akçamete, G. (2012). Working Conditions and Job Satisfaction Levels of Teachers with Disabilities. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty*, 1(23), 272-294.

Handayani, T. R. D. (2016). Teacher motivation based on gender, tenure and level of education. *The New Educational Review*, 1, 199-207. 10.

Hirsh, R.A. (2004). *Early childhood Curriculum. Incorporating multiple intelligences, developmentally appropriate practice, and play*: Boston.

İhtiyaroğlu, N. (2017). The Effect of Structural and Psychological Empowerment on Teachers' Motivation. *Kırıkkale University Journal of Social Sciences,* 7(2), 361-378

Kapucu, S. T. (2019). *Okul öncesi öğretmenlerinin mesleki doyumları ile çocuk sevgisi düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi [The investigation of the relationship between the levels of professional satisfaction and child love of the preschool teachers]* (Unpublished master's thesis). Marmara University Institute of Educational Sciences, İstanbul.

Karakaya, Y. (2019*). Öğretmenlerin psikolojik dayanıklılıkları ile motivasyonları arasındaki ilişkinin incelenmesi [Study of the relationship between psychological hardiness and motivation of teachers]* (Unpublished master's thesis). Erzincan Binali Yıldırım University Institue of Social Sciences, Erzincan.

Karakuş, C., & Gül, D. (2023). Examining the Motivation Levels of Preschool Teachers: The Case of Küçükçekmece. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, *9*(01), 132-138.

Karasar, N. (2007). *Bilimsel araştırma yöntemi: kavramlar, ilkeler, teknikler*. Nobel yayın dağıtım.

Kılıç, Y. (2018). Investigation of Motivation Levels of Trainee Teachers in Terms of Gender Variable. *Journal of Kazım Karabekir Education Faculty*, 36, 21-32.

Kılıç, Y., & Yılmaz, E. (2019). Developing The Teacher Motivation Scale in The Context of Intrinsic, Extrinsic and Administrative Factors. *Journal of Education, Theory and Practical Research* , 5(1), 77-91.

Kurt, T. (2005). Analysis of Herzberg's Two Factors Motivation Theory on Teacher Motivation. *Gazi University Journal of Gazi Education Faculty*, 25(1), 285-299.

Masoom, M. R. (2021). Teachers' perception of their work environment: Evidence from the primary and secondary schools of Bangladesh. *Education Research International*, 2021, 1-12.

Mavi, E. (2024). *Okul öncesi öğretmenlerinin motivasyon düzeyi ile örgüt iklimi arasındaki ilişki [The relationship between motivation levels of preschool teachers and organizational climate]* (Unpublished master's thesis). İstanbul Sabahattin Zaim University Institute of Educational Sciences, İstanbul.

Okçu, O. E. (2015). *Eğitimde dönüşümün öğretmen motivasyonu üzerine etkileri: Mersin ili Akdeniz-Yenişehir ilçelerindeki ilkokul öğretmenleriyle çalışma [The effects of educational transformation on teacher motivation: a study with primary school teachers in akdeniz and yenişehir districts of mersin province]* (Unpublished master's thesis). Toros University Institute of Social Sciences, Adana.

Oktay, A. (2007). *Okul öncesi eğitimin önemi ve yaygınlaştırılması.* Okul Öncesi Eğitimde Güncel Konular. Morpa Yayınları.

Polat, S. (2010). *Okul öncesi yöneticilerinin kullandıkları yönetsel güç kaynaklarına ilişkin öğretmen algıları ile öğretmen motivasyonu arasındaki ilişki [The relationship between preschool administrators' use of administrative power sources and teacher motivation]* (Unpublished master's thesis). Yeditepe University Institute of Social Sciences, İstanbul.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68-78.

Sarı, M., Canoğulları, E., & Yıldız, E. (2018). An Investigation Of Teachers' Professional Motivation Levels And Quality Of School Life Perceptions. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty*, (47), 387-409.

Small, C., & Buckman, D. G. (2021). Public and Private Schools: A Study of Teacher Job Satisfaction. *Education Leadership Review*, 22(1), 54-71.

Şahin, H., & Dursun, A. (2009). Okul Öncesi Öğretmenlerinin İş Doyumları: Burdur Örneği [Pre-school Teachers' Job Satisfaction: Burdur Example]. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty*, 18, 160-179.

Taş, H. (2022). *Öğretmenlerin Motivasyon Düzeylerinin İncelenmesi (Çal İlçe Örneği) [An examination of teachers' motivation levels (The case of Çal district)* (Master's project without thesis). Pamukkale University Institute of Educaitonal Sciences, Denizli.

Urhan, F. (2018). *Öğretmenlerin motivasyon düzeylerine etki eden değişkenlerin analizi [Analysis of variables affecting teachers' motivation levels]* (Unpublished master's thesis). Necmettin Erbakan University Institute of Educational Sciences, Konya.

Yakışıklı, A., Yavuz, S., Asmaz, C. B., & Karagedik, H. (2023). The Effect of School Administrators' Leadership Styles on Teacher Motivation. *Ulusal Eğitim Dergisi (ULEDER)*, 3(5), 864-878.

Yalçın, H., & Korkmaz, M. E. (2013). Preschool teachers' conditions of motivation. *Journal of International Social Research*, *6*(26), 602-609.

Yazıcı, H. (2009). Teaching Profession Sources of Motivation and Basic Attitudes: A Theoretical Overview. *Kastamonu Education Journal*, 17(1), 33-46.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

EXAMINATION OF TEACHERS' DIGITAL LITERACY LEVELS IN THE ERA OF DIGITALIZATION IN EDUCATION[1]

Assoc. Prof. Deniz Mertkan GEZGİN
Trakya University, Faculty of Education, Computer Education and Instructional Technology
ORCID: 0000-0003-4688-043X

Seda AVCI
İzmir Namık Kemal Anatolian High School
ORCID: 0009-0003-6451-9397

ABSTRACT
Digital literacy is a multidimensional competency that encompasses individuals' abilities to access, evaluate, produce, and share information by using digital technologies effectively, critically, and consciously. In today's rapidly evolving era of information and communication technologies, digital literacy has become an essential skill for individuals. In educational contexts, digital literacy plays a critical role in both the professional development of teachers and their guidance roles for students. In this regard, determining the digital literacy levels of teachers is a significant step toward achieving the goals of digital transformation in education. This study aims to examine teachers' digital literacy levels in relation to various demographic and professional variables. Conducted within the framework of a general survey model, data were collected from 345 teachers and analyzed using SPSS 27.0. Findings revealed that teachers' overall digital literacy levels were above average, with the highest mean score found in the "attitude" sub-dimension. Additionally, significant differences in digital literacy were observed based on gender (in favor of males), educational status (in favor of those with master's degrees), parental status (in favor of those without children), type of institution (in favor of private school teachers), preferred internet device (in favor of computer users), and purpose of internet use (in favor of those using it for education and social networking). These results indicate that teachers are adaptive to technology and open to learning, and they highlight the importance of integrating digital literacy competencies into teacher training programs and in-service education.
Keywords: Digital literacy, teachers, technology use, quantitative research.

EĞİTİMDE DİJİTALLEŞME SÜRECİNDE ÖĞRETMENLERİN DİJİTAL OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET
Dijital okuryazarlık; bireylerin dijital teknolojileri etkin, eleştirel ve bilinçli şekilde kullanarak bilgiye erişme, değerlendirme, üretme ve paylaşma becerilerini kapsayan çok boyutlu bir yeterliliktir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla geliştiği çağımızda, dijital okuryazarlık bireyler için temel bir beceri hâline gelmiştir. Özellikle eğitim süreçlerinde dijital okuryazarlık, öğretmenlerin hem mesleki gelişimleri hem de öğrencilere rehberlik rolleri açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Bu doğrultuda, öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi, eğitimde dijitalleşme hedeflerine ulaşmak için önemli bir adımdır.

[1] This study is derived from the master's thesis titled *"Examining the Relationship Between Teachers' Cyberchondria Levels and Digital Literacy Levels"* conducted by Seda Avcı under the supervision of Assoc. Prof. Dr. Deniz Mertkan Gezgin.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeylerinin çeşitli demografik ve mesleki değişkenler açısından incelemektir. Genel tarama modeline dayalı olarak yürütülen çalışmada, 345 öğretmenden elde edilen veriler SPSS 27.0 ile analiz edilmiştir. Bulgular sonucunda, öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeyleri genel olarak ortalamanın üzerinde bulunmuş ve en yüksek ortalama puanın "tutum" alt boyutunda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, cinsiyet (erkekler lehine), eğitim durumu (yüksek lisans mezunları lehine), ebeveyn olma durumu (ebeveyn olmayanlar lehine), kurum türü (özel okul öğretmenleri lehine), internet kullanım aygıtı (bilgisayar kullanıcıları lehine) ve internet kullanım amacı (eğitim ve sosyal ağ kullananlar lehine) değişkenlerine göre dijital okuryazarlık açısından anlamlı farklılıklar görülmüştür. Bu sonuçlar, öğretmenlerin teknolojiyle uyumlu, öğrenmeye açık bireyler olduğunu göstermekte; dijital okuryazarlık becerilerinin öğretmen yetiştirme süreçlerinde ve hizmet içi eğitimlerde öncelikli olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Dijital okuryazarlık, öğretmenler, teknoloji kullanımı, nicel araştırma.

INTRODUCTION

In today's rapidly changing and digitalising world, the economic development and socio-cultural advancement of societies depend on their ability to adapt to these transformations. In particular, the daily advancement of information and communication technologies (ICT) requires individuals to use these technologies effectively and consciously. Digital technologies are not only transforming individual lives but also reshaping social structures, requiring active participation in information access, communication, and production processes. In this context, contemporary individuals are expected to possess not only technical skills but also cognitive competencies such as critical thinking, problem-solving, and information analysis, as well as behavioural tendencies such as a lifelong learning orientation (Günüç et al., 2013).

One of the key determinants in the development of such cognitive skills and learning orientations is the individual's level of literacy. However, the concept of literacy is not limited to the ability to recognise letters and read and write texts. Today, literacy has evolved into a concept that encompasses multifaceted cognitive processes such as understanding, analysing, interpreting, and transforming information. Within this framework, subcategories such as information literacy, media literacy, technology literacy, and especially digital literacy have come to the fore (Reinking, 1994; Kurt, 2010).

Digital literacy refers to an individual's ability to critically evaluate information encountered in digital environments, question its reliability, use it effectively, and produce new information when necessary. Today, the integration of digital tools into many areas such as education, health, economy and social life has greatly facilitated access to information. However, this situation has also brought about information pollution, disinformation and digital security threats. In particular, unverified content on the internet can mislead individuals. Therefore, equipping individuals with digital literacy skills is of great importance not only in terms of individual awareness but also in terms of social common sense and digital awareness (Kıyıcı, 2008; Aktan, 2018; Altındiş et al., 2018; Olcay, 2018; Savcı & Aysan, 2017).

At this point, education and especially teachers play a critical role in equipping individuals with digital literacy skills. Digital literacy is not merely an individual skill, but a life skill that must be transferred to society through education. Teachers are the cornerstone of this transfer.

Teachers who can use technological tools effectively and from a pedagogical perspective are defined as professionals who support critical digital thinking, guide students, and develop their digital skills (Altıntaş, 2022; Bozbayındır, 2019; Gül, 2004). In this context, it is necessary to strengthen teachers' professional competencies and develop their knowledge, skills, and attitudes towards digital technologies. Teachers who continuously update themselves with a lifelong learning orientation should be supported with in-service training and equipped with the knowledge of how to use digital tools in their lessons, how to produce materials, and how to instil digital awareness in students (Cüre & Özdener, 2008). Teachers educated with this understanding will contribute to the development of healthy, productive, and critical individuals in the digital world by instilling digital literacy awareness in every student they reach.

A review of the literature reveals that studies on digital literacy are gaining importance day by day. A study conducted by Tombul and Yirci (2023) found a positive and moderate relationship between teachers' digital literacy skills and classroom management skills. Aksoy et al. (2021) examined the digital literacy levels of classroom teachers in terms of various demographic variables; they found that teachers generally possess high levels of digital literacy skills, with no significant difference between female and male teachers in terms of gender. However, it was determined that teachers with postgraduate education have higher levels of digital literacy.

Ocak and Kuş-Serin (2024), in their study investigating the effect of teachers' individual innovation and digital literacy levels on their use of information technologies, concluded that all these variables were at a high level and that there were moderate significant relationships between them. In a study conducted by Eker and Bingöl (2022), the digital literacy levels of secondary school teachers during the distance education process were examined, and it was determined that they generally possessed high levels of digital literacy. Additionally, significant differences were found based on gender, professional seniority, and subject area, while no significant difference was observed in terms of educational background.

In another study conducted by Sabancı et al. (2022), teachers' critical digital literacy levels were examined, and it was found that these skills showed significant differences according to gender, faculty of graduation, and years of service; however, no significant difference was found according to school type and educational status. Almas and Krumsvik (2007) examined how teachers evaluate their digital literacy skills in the context of personal development and highlighted the importance of peer collaboration. In a study conducted by Van Laar et al. (2017), the advanced digital skills that individuals should possess in the 21st century were grouped under four main headings: digital information skills, digital communication skills, digital collaboration skills, and creative digital skills. Cote and Milliner (2020) examined the digital literacy levels of English teachers and noted that teachers had a high level of confidence in their ability to use digital technology in a way that supports learning both inside and outside the classroom.

In this context and in line with the literature, the aim of this study is to examine the digital literacy levels of teachers from different disciplines working in public and private schools in terms of various demographic and professional variables. In this regard, the study seeks to answer the following research questions:

1. What is the level of teachers' digital literacy?
2. Do teachers' digital literacy levels differ according to:

a. Gender,
b. Marital status,
c. Educational status,

ç. Income level,
d. Parental status,
e. Type of institution,
f. Preferred device for internet use,
g. Purpose of internet use?

METHOD

In this study, the general survey model, one of the quantitative research methods, was used to examine teachers' digital literacy levels in terms of various variables. The general survey model is a research design that aims to describe the characteristics, attitudes, opinions, or behaviours of individuals through large samples (Büyüköztürk et al., 2016).

Participants

The Participants consist of 345 teachers from different branches working in state and private schools affiliated with the Ministry of National Education throughout Turkey. Participants were reached using a convenient sampling method. This method is one of the most suitable sampling methods for researchers working under limited time, budget, and access conditions (Büyüköztürk et al., 2011). Data were collected through an online survey. The survey was administered via the Google Forms platform. 67.8% of the participants were female (N=234), 32.2% were male (N=111), and the average age was approximately 29. It was determined that the majority of teachers work in the Marmara Region. Demographic information about the participants is presented in Table 1.

Table 1. Information about participants

Variables	**Categories**	**N**	**%**
Gender	Female	234	67,8
	Male	111	32,2
Age	22-30	91	26,4
	31-40	157	45,5
	41-50	75	21,7
	51-60	22	6,4
Marital status	Single	126	36,5
	Married	219	63,5
Parental status	Yes	198	57,4
	No	147	42,6
Income level	20.000- 25.000 TL	264	76,5
	25.000 TL and above	81	23,5
Educational status	Undergraduate	229	66,4
	Master	116	33,6
Branch	Language Sciences	66	19,1
	Technology Sciences	56	16,2
	Natural Sciences	41	11,9
	Mathematical Sciences	43	12,5
	Social Sciences	45	13,0
	Fundamental Sciences	61	17,7
	Sports and Arts Sciences	33	9,6
Type of institution	Public	294	85,2
	Private	51	14,8
Preferred device for internet use	Computer (PC, Laptop, Tablet etc.)	53	15,4
	Smartphone	292	84,6
Purpose internet use	Social Networking	121	35,1
	Education and Information	105	30,4
	Communication	64	18,6
	Other (Games, Surfing, News, Banking, Shopping)	55	15.9
Total participants		345	100.0

Data Collection Tools

Data were collected using the *Personal Information Form* prepared by the researcher and the *Digital Literacy Scale* adapted into Turkish by Hamutoğlu et al. (2017).

Personal Information Form

This form includes demographic information such as participants' gender, age, marital status, parental status, income level, educational status, branch, type of institution, preferred device for internet use, and purpose of internet use.

Digital Literacy Scale

The Digital Literacy Scale, developed by Ng (2012) and adapted into Turkish by Hamutoğlu et al. (2017), consists of a total of 17 items rated on a 5-point Likert scale. The scale includes four sub-dimensions. These are Attitude (Items 1–7), Technical (Items 8–13), Cognitive (Items 14–15), and Social (Items 16–17). The internal consistency coefficient for the overall scale is .93, while the sub-dimensions are .88 for Attitude, .89 for Technical, .70 for Cognitive, and .72 for Social. In the study, the Cronbach's Alpha value for the scale was similarly found to be .93.

Data Collection Process and Analysis

Data was collected through an online survey conducted over a two-month period between August and September 2024. Participants were informed and participated in the study on a voluntary basis. Data was collected from a total of 373 teachers; however, following outlier analysis, data from 28 participants was excluded from the analysis. The final sample consisted of 345 participants. During the data analysis process, the normality assumption was first tested. The Shapiro-Wilk test revealed that digital literacy scores were not normally distributed ($p<.05$). However, since the skewness and kurtosis values of the scale scores ranged from -1.96 to +1.96, it was assumed that the data were normally distributed (Tabachnick et al., 2013). Therefore, it was assumed that the data were normally distributed. The SPSS 27.0 package programme was used to analyse the data. In addition to descriptive statistics, an independent samples t-test and one-way analysis of variance (ANOVA) were applied to determine differences between independent variable groups.

FINDINGS

The findings obtained in the study will be presented under the research questions and in headings in order.

Digital literacy level

Descriptive statistics conducted to determine teachers' digital literacy levels revealed that the average score obtained by teachers on the digital literacy scale was M=4.01. When examining the sub-factors of the scale, it was found that the sub-factor with the highest average score was the 'Attitude' sub-factor (M=4.36). Descriptive statistics for the scale and its sub-factors are presented in Table 2.

Table 2. Descriptive statistics

Scales	N	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis	Cronbach Alfa
Digital Literacy	345	2.35	5.00	4.01	.642	-.273	-.796	.93
1.Attiude	345	2.57	5.00	4.36	.613	-.737	-.400	.88
2.Technical	345	1.17	5.00	3.81	.888	-.433	-.442	.93
3.Cognitive	345	1.50	5.00	3.86	.911	.471	-.463	.78
4. Social	345	1.50	5.00	3.52	.967	-.162	-.691	.75

Gender

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels varied according to gender. According to the findings, teachers' digital literacy levels vary significantly by gender, with male teachers (M=4.11) scoring higher (p=.04). The analysis results are presented in Table 3.

Table 3. Results of independent sample t-tests by gender

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
Female	234	3.96	.646	-2.062	343	.04*
Male	111	4.11	.624			

* Significance at the 0.05 level.

Marital status

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels differed according to marital status. According to the findings, no difference was found in teachers' digital literacy levels according to marital status (p=.31). The analysis results are presented in Table 4.

Table 4. Results of the independent sample t-test according to marital status

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
Married	219	3.98	.639	-1.023	343	.31
Single	126	4.06	.645			

Educational status

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels differed according to their educational status. According to the analysis results, there is a significant difference in teachers' digital literacy levels in favour of teachers with a master's degree (M=4.12) (p=.02). The analysis results are presented in Table 5.

Table 5. Results of independent sample t-tests according to educational status

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
Undergraudate	229	3.96	.647	-2.242	343	.02*
Master	116	4.12	.620			

* Significance at the 0.05 level.

Income level

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels differed according to their income level. According to the analysis results, there is no significant difference in teachers' digital literacy levels in terms of income level (p=.62). The analysis results are presented in Table 6.

Table 6. Results of independent sample t-tests according to income level

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
15000-20000 TL	264	4.01	.647	.495	343	.62
20000 TL above	81	3.97	.627			

Parental status

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels differ according to their parental status. According to the analysis results, teachers' digital literacy levels show a significant difference in favour of teachers who are not parents, i.e., those without children (M=4.12) (p=.00). The analysis results are presented in Table 7.

Table 7. Independent sample t-test results according to parental status

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
Yes	198	3.93	.647	-2.690	343	.00**
No	147	4.12	.620			

** Significance at the 0.01 level.

Type of institution

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels differed according to the type of institution they worked in. According to the analysis results, teachers' digital literacy levels differed significantly in favour of teachers working in private schools (M=4.18) (p=.04). The analysis results are presented in Table 8.

Table 8. Independent sample t-test results according to the type of institution

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
Public	294	3.98	.637	-2.016	343	.04*
Private	51	4.18	.650			

* Significance at the 0.05 level.

Preferred device for internet use

An independent sample t-test was conducted to determine whether teachers' digital literacy levels differed according to their preferred device for internet use. According to the analysis results, teachers' digital literacy levels significantly differ according to the preferred device for the internet. This difference was found to be in favour of teachers who prefer using computer (M=4.20) (p=.02). The analysis results are presented in Table 9.

Table 9. Results of independent sample t-tests according to the preferred device for internet usage

Categories	N	Mean	Std. Dev.	t	df	p
Computer (PC, Laptop, Tablet etc.)	53	4.20	.614	2.328	343	.02*
Smartphone	292	3.98	.642			

* Significance at the 0.05 level.

Purpose of internet use

To determine whether teachers' digital literacy differs according to their purpose of internet use, a one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted. According to the analysis results, teachers' digital literacy levels show a significant difference according to their purpose of internet use (p=.00).

A Tukey post-hoc test was conducted to test which groups differed in terms of teachers' digital literacy levels. According to the analysis results, teachers who used the internet for social networking had a higher digital literacy level (M=4.08) than teachers who used it for communication (M=3.77). Additionally, the digital literacy level of teachers who use the internet for education and information (M=4.12) was found to be higher than that of teachers who use it for communication (M=3.77). The analysis results are presented in Table 10.

Table 10. ANOVA test results according to the purpose of Internet use

Categories	N	Mean	Std. Dev.	F	p	difference
Social Networking (1)	121	4.08	.638	5.132	.00**	1>3, 2>3
Education and Information (2)	105	4.12	.636			
Communication (3)	64	3.77	.631			
Other (4)	55	3.91	.602			

** Significance at the 0.01 level.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, which examined teachers' digital literacy levels according to various variables, teachers' digital literacy levels were examined in terms of various variables, and the average score obtained from the digital literacy scale was determined to be M = 4.01. Despite the non-cross-sectional structure of the scale used, the findings indicate that teachers' digital literacy levels are generally high. When the sub-dimensions of the scale were examined, it was observed that the average score for the 'attitude' sub-dimension was higher than that for the 'technical,' 'cognitive,' and 'social' sub-dimensions. This situation shows that the participants' digital literacy levels are particularly strong in terms of attitude. This finding suggests that teachers have adapted to the digitalisation process and are open to learning about developments in this field. Indeed, a high attitude is considered an important determinant of an individual's behaviour. Similar results have been obtained in the literature (Öçal 2017, Kozan & Özek, 2019, Sarıkaya, 2024, Şad & Nalçacı, 2015). However, there are studies that have determined teachers' digital literacy levels to be above average (Boyacı, 2019) and at an average level (Yontar, 2019). Considering both the findings of this study and the existing literature, it is concluded that teachers' digital literacy levels are sufficient to contribute to their own professional development and guide students' technological development.

As a result of the independent sample t-test analysis conducted according to the gender variable, a significant difference was found between the groups in terms of digital literacy levels. The findings indicate that male teachers have higher digital literacy levels than female teachers. These findings are consistent with some previous studies on teachers (Çetin, 2016; Kaymak & Titrek, 2021; Bahadır et al., 2024; Çetin et al., 2012). On the other hand, some studies have found that the gender variable does not create a significant difference in digital literacy levels (Alkış, 2022; Kozan & Özek, 2019; Sarıkaya, 2019; Sarıkaya, 2024; Arslan, 2019) and some studies have reported digital literacy in favour of female (Yavuz, 2023, Alhazza & Lucking, 2017). This situation shows that the relationship between digital literacy and gender may vary depending on contextual and individual variables. In line with the findings of the study, it is thought that male teachers' greater interest in digitalisation and technology use (Güneş & Buluç, 2017) may be effective in their high levels of digital literacy. Additionally, female teachers' increased responsibilities at home and their roles in childcare after work may limit the time they can devote to technology, thereby indirectly affecting their digital literacy levels.

No significant difference was found in the digital literacy level of teachers according to marital status. A review of the relevant literature revealed that married individuals have lower levels of digital literacy, while single individuals have higher levels of digital literacy (Yeşildal, 2018; Ağaç, 2020; Erbir, 2021). Upon reviewing the literature, it was observed that the sample groups in the studies were different from the sample group in our study. Therefore, the differences in the results obtained can be attributed to changes such as the characteristics of the participants and the differences in the sample group.

Another independent variable examined in the study, educational status, revealed a significant difference in teachers' digital literacy levels in favour of teachers with a master's degree. A review of the literature reveals studies supporting this finding (Aksoy et al., 2021; Demirağ, 2021; Korkmaz, 2020; Öçal, 2017). Furthermore, the study conducted by Hague and Payton (2010) also indicates that an increase in educational level contributes positively to the development of digital literacy skills. However, there are also studies that show no difference in the digital literacy levels of teachers with master's and undergraduate degrees (Bahadır et al., 2024; Sarıkaya, 2024). In this context, it is thought that the higher digital literacy levels of teachers with master's degrees stem from their more frequent engagement in research in academic processes, their effective use of the internet to access information, and their advanced ability to critically evaluate digital resources.

When examining the difference in teachers' digital literacy levels according to income level, no significant difference was found between income groups. However, this finding contradicts some studies in the literature. The relevant literature includes findings that an increase in income level improves digital literacy skills (Özbay & Özdemir, 2014; Coşkun et al., 2013; Akkoyunlu et al., 2010; Marsh, 2017). These studies suggest that low-income individuals' limited access to technology negatively affects their digital literacy levels. In the current study, the absence of a significant difference based on the income variable may be related to the fact that teachers' income levels are generally similar and they have access to similar levels of technology. Therefore, the homogeneous economic distribution within the teacher sample may have prevented income level from having a significant effect on digital literacy.

The analysis conducted according to the variable of parental status revealed a significant difference in the digital literacy levels of teachers. The findings show that the digital literacy levels of teachers who are not parents are higher than those of teachers who are parents. However, no study directly supporting this result was found in the relevant literature. This situation highlights the need for more in-depth research on the digital literacy levels of female teachers who are parents. Indeed, Jayakumar and Janaki (2017) emphasise that parents' attitudes towards their children's internet use are quite decisive. However, the fact that parents take on more responsibilities in their daily lives and face time constraints may be a disadvantage in terms of developing their digital skills. In this context, it is of great importance for parents to both increase their digital competence and use technology consciously and effectively. Low levels of digital literacy among parents and the lack of educational opportunities to develop these skills can be a significant barrier to children and students gaining digital literacy awareness. Therefore, digital literacy education for parents needs to be planned, sustainable, and accessible.

When the findings obtained according to the type of institution are examined, a significant difference in digital literacy levels in favour of teachers working in private schools has been determined. A review of the literature reveals studies that support this finding.

For example, in a study conducted by Aylin et al. (2011), teachers stated that the inadequate technological infrastructure of the institutions they worked in made it difficult for them to develop themselves in this area and negatively affected their ability to use technological tools effectively in the classroom. However, a study conducted by Bahadır et al. (2024) found that school type did not create a significant difference in teachers' digital literacy levels. In this context, it is thought that the higher digital literacy levels of teachers working in private schools may be related to the adequacy of the technological opportunities offered by the institutions and the diversity of development opportunities provided to teachers. Additionally, it is assumed that private schools provide teachers with more tools to develop their technological skills and offer regular training throughout the year. Such supportive elements contribute to the improvement of teachers' digital literacy levels.

Teachers' digital literacy levels differ significantly depending on their preferred technological device for accessing the internet. The findings reveal that teachers who use computers to access the internet have higher digital literacy levels than those who prefer other devices. This situation has been considered an unexpected result in today's world, where mobile learning approaches (Hsieh & Tsai, 2017) that attract students' attention and interest are used formally and informally, and access to information via smartphones has become widespread. This is because it was expected that individuals who use smartphones more intensively would have higher levels of digital literacy. However, the fact that teachers who prefer computers have higher skills in this area may be related to the more effective use of computers by teachers, especially those at the postgraduate level, in their thesis and research processes. This suggests that computer use contributes to the development of more in-depth digital literacy in terms of access to information and effective use of technology.

Finally, the findings reveal that teachers' digital literacy levels differ significantly according to their purposes of using the Internet. According to the findings, teachers who use the Internet for social networking purposes have higher digital literacy levels than those who use it for communication purposes. Similarly, it was found that teachers who use the internet for educational and information purposes have higher digital literacy levels than those who use it for communication purposes. In this context, it can be said that internet activities related to education, information acquisition, and social media use are associated with stronger digital literacy skills. Today, the fact that social media platforms can also be used for educational purposes and that content changes rapidly in these environments requires users to have a high level of digital awareness and critical literacy skills. Indeed, data from the Turkish Statistical Institute (Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK, 2018) also reveals that information and communication technologies are used most intensively for social media purposes in Turkey. Similarly, a study conducted by Akdemir (2014) with teacher candidates determined that the internet is most frequently used for educational, social media, and news purposes. These findings show that internet use for educational, informational, and social media purposes improves teachers' digital literacy skills. This is of great importance in terms of raising students, who are defined as digital natives, as more conscious individuals in the digital world. High levels of digital literacy among teachers will enable them to guide students in evaluating and directing the flow of information they encounter in digital environments.

In conclusion, the findings of this study reveal that teachers' digital literacy levels are generally high and that they possess strong competence, particularly in terms of attitude. Digital literacy levels show significant differences in terms of variables such as gender, educational status, parenthood, type of institution, purpose of internet use, and technological devices used.

It was found that male teachers with a master's degree, working in private schools, who are not parents, and who use the internet for education, information acquisition, or social media have higher levels of digital literacy. On the other hand, it was observed that variables such as marital status and income level do not have a significant effect on digital literacy. These results show that individual, professional, and contextual factors play a decisive role in the development of teachers' technological proficiency. Furthermore, the finding that computer use has a positive effect on digital literacy suggests that digital skills are related to in-depth learning processes. All these findings show that teachers contribute not only to their own professional development but also to the education of students as conscious individuals in the digital world. In this context, it is concluded that digital literacy skills should be prioritised in teacher education.

Based on the findings of this study, the following recommendations are presented to researchers, practitioners, and policymakers working in this field:

- In order to ensure the conscious use of technology tools, courses on this subject should be added as compulsory courses to the curriculum of all departments of education faculties, which will contribute positively to the professional development of teachers before they enter the profession.
- Practical training on digital literacy should be provided in schools, particularly under the guidance of information technology teachers. In addition, intra- and inter-departmental cooperation to make the necessary arrangements will facilitate development.
- Facilitating access to necessary documents through platforms such as the Education Information Network (Eğitim Bilişim Ağı-EBA) and Teacher Information Network (Öğretmen Bilişim Ağı-ÖBA) established by the Ministry of National Education, as well as providing training on classroom technology use and digital literacy to all teachers who wish to participate through distance learning, will be effective.
- Given the high level of digital literacy among staff in private schools, it is recommended that the technological infrastructure of public schools be improved and developed, with the aim of establishing a laboratory in every school.

REFERENCES

Ağaç, S. (2020). *Dijital Okuryazarlığın Finansal Okuryazarlık Üzerine Etkisi: Batı Akdeniz Örneği [The effect of digital literacy on financial literacy: The case of Western Mediterranean]*. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi -Isparta.

Akdemir, Ö. (2014). Öğretmen adaylarının interneti kullanım amaçları [The Purpose of Prospective Teachers' Use of the Internet]. *Karaelmas Journal of Educational Sciences, 2*(1), 49-57.

Akkoyunlu, B., & Soylu, Y. M. (2010). Öğretmenlerin sayısal yetkinlikleri üzerine bir çalışma [A Study on Teachers' Digital Empowerment]. *Turkish Librarianship*, *24*(4), 748-768.

Akkoyunlu, B., Soylu, M. Y., & Çağlar, M. (2010). Üniversite öğrencileri için "Sayısal Yetkinlik Ölçeği" Geliştirme Çalışması [A Study on Developing "Digital Empowerment Scale" For University Students]. *Hacettepe University Journal of Education*, 39, 10-19.

Aksoy, N. C., Karabay, E. & Aksoy, E. (2021). Sınıf öğretmenlerinin dijital okuryazarlıklarının incelenmesi [The Investigation of the Digital Literacy Levels of Classroom Teachers]. Journal of *Selçuk Communication*, 14(2), 859 – 894. https://doi.org/10.18094/josc.871290

Aktan, E. (2018). Üniversite öğrencilerinin sosyal üniversite öğrencilerinin sosyal değişkenlere göre incelenmesi [Assessment of Social Media Addiction Levels of University Students by Numerous Variables]. Journal of *Erciyes Communication, 4*, 405-421. https://doi.org/10.17680/erciyesiletisim.379886

Alhazza, T. C., & Lucking, R. (2017). An examination of preservice teachers' view of multiliteracies: Habits. *Reading Improvement*, 54(1), 32-43.

Alkış, (2022). *Türkçe öğretmenlerinin dijital okuryazarlık yeterlik algılarının değerlendirilmesi [Evaluation of Turkish teacher's digital literacy proficiency perceptions].* Yüksek lisans tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi-Kütahya.

Almas, A. G., & Krumsvik, R. (2007). Digitally literate teachers in leading edge schools in Norway. *Journal of In-Service Education*, 33(4), 479-497. https://doi.org/10.1080/13674580701687864

Altındiş, S., İnci, M. B., Aslan, F. G., & Altındiş, M. (2018). Üniversite Çalışanlarında Siberkondria Düzeyleri ve İlişkili Faktörlerin İncelenmesi [An Evulation of Cyberchondria Levels and Related Factors in University Employees. *Sakarya Medical Journal, 8(2)*, 359-370. https://doi.org/10.31832/smj.423652

Altıntaş, S. (2022). *Öğretmenlerin kişisel ve mesleki gelişimleri için açık eğitim kaynaklarını kullanma alışkanlıklarının yaşam boyu öğrenme eğilimleri açısından değerlendirilmesi [Evaluation of teachers' habits of using open educational resources for personal and professional development in terms of lifelong learning tendencies].* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trakya Üniversitesi -Edirne.

Arslan, S. (2019). *İlkokullarda ve ortaokullarda görev yapan öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi [Investigation of digital literacy levels of teachers working in primary and secondary schools in terms of various variables]*. Yüksek Lisans Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi-Sakarya.

Aylin, G. Ö. K., Turan, S., & Oyman, N. (2011). Okul öncesi öğretmenlerinin bilişim teknolojilerini kullanma durumlarına ilişkin görüşleri [Preschool Teachers' Views on Usage of Information Techonologies]. *Pegem Journal of Education and Teaching*, 1(3), 59-66

Bahadır, Z., Kır, S., & Ulucan, H. (2024). Beden Eğitimi Öğretmenlerinin Teknoloji Kullanımında Temel Yeterlilikleri ile Dijital Okuryazarlık Düzeylerinin İncelenmesi [Investigation of Physical Education Teachers' Basic Competencies and Digital Literacy Levels in the Use of Technology]. *International Journal of Bozok Sport Sciences*, *5*(3), 194-210.

Boyacı, Z. (2019). *Öğretmen adaylarının yaşam boyu öğrenme eğilimleri ile dijital okuryazarlık düzeyleri arasındaki ilişki (Düzce Üniversitesi örneği) [The relationship between lifelong learning tendencies and digital literacy levels of pre-service teachers (A Düzce University sample)].* Yüksek lisans tezi, Eğitimi Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi-Sakarya.

Bozbayındır, F. (2019). Öğretmenlik mesleğinin statüsünü etkileyen unsurların öğretmen görüşleri temelinde incelenmesi [Investigation of Teachers 'Views in The Basis of The Factors Affecting the Status of Teaching Profession]. *Electronic Journal of Social Sciences*, 18(72), 2076-2104.

Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F. & Çakmak, E. K. (2017). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ankara: *Pegem Akademi Yayıncılık.*

Büyüköztürk, Ş., Çokluk-Bökeoğlu, Ö. & Köklü, N. (2011). Sosyal bilimler için istatistik (7. baskı). Ankara: *Pegem Akademi Yayıncılık.*

Coşkun, Y. D., Cumaoğlu, G. K., & Seçkin, H. (2013). Computer Technology Teacher Candidates' Views on The Concepts of Literacy Related to Information Technology [Bilgisayar öğretmen adaylarının bilişim alanıyla ilgili okuryazarlık kavramlarına yönelik görüşleri]. *Journal of Human Sciences*, 10(1), 1259-1272.

Cote, T., & Milliner, B. (2018). A Survey of teachers' digital literacy: A report from a japanese universıty. Teaching English with Technology, 18(4), 71-89.

Cüre, F., & Özdener, N. (2008). Öğretmenlerin Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) uygulama başarıları ve BİT'e yönelik tutumları [Teachers' Information and Communication Technologies (ICT) Using Achievements and Attitudes Towards ICT]. *Hacettepe University Journal of Education,* 34, 41-53.

Çetin O, Çalışkan E., & Menzi N., (2012). Öğretmen adaylarının teknoloji yeterlilikleri ile teknolojiye yönelik tutumları arasındaki ilişki [The Relationship between Technological Competencies and Attitudes of Pre-service Teachers towards Technology]. *Elementary Education Online*, 11(2), 273- 291.

Çetin, O. (2016). Pedagojik formasyon programı ile lisans eğitimi fen bilimleri öğretmen adaylarının sayısal okuryazarlık düzeylerinin incelenmesi [Examining the Digital Literacy Levels of Undergraduate Science Education and Pedagogical Formation Programme Preservice Teachers]. *Journal of Education Faculty,* 18(2), 658-685.

Demirağ, M. (2021). *Öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeyi ile araştırma okuryazarlık becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi [The Relationship Between Teachers' Digital Literacy Levels and Research Literacy Skills]*. Yüksek Lisans Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi-Erzurum.

Eker, C. & Bingöl, H. (2022). Uzaktan Eğitim Sürecinde Öğretmenlerin Dijital Okuryazarlık Düzeylerinin İncelenmesi [Examination of Digital Literacy Levels of Secondary School Teachers in The Process of Distance Education]. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 8(56), 471-480. https://dx.doi.org/10.31 576/smryj.1344.

Erbir, M. (2021). Hemşirelik Mesleğinde Dijital Okuryazarlık: Kayseri İli Örneği [Digital Literacy in the Nursing Profession: The Case of Kayseri Province]. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 7(2), 336-352.

Gül, G. (2004). Birey toplum eğitim ve öğretmen. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1), 223-236.

Güneş, A. M., & Buluç, B. (2017). Sınıf öğretmenlerinin teknoloji kullanımları ve öz yeterlilik inançları arasındakı ilişki [The Relationship Between Classroom Teachers' Technology Use and Their Self Efficacy Beliefs]. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(1), 94-113.

Günüç, S., Odabaşı, F. H., & Kuzu, A. (2013). 21. yüzyıl öğrenci özelliklerinin öğretmen adayları tarafından tanımlanması: Bir Twitter uygulaması [The Defining Characterıstıcs of Students of the 21st Century by Student Teachers: A Twitter Activity]. *Journal of Theory and Practice in Education ,* 9 (4), 436-455.

Hague, C., & Payton, S. (2010). *Digital literacy across the curriculum.* London: Futurelab.

Hamutoglu, N. B., Güngören-Canan, Ö., Kaya-Uyanık, G. & Gür-Erdoğan, D. (2017). Dijital Okuryazarlık Ölçeği: Türkçe 'ye uyarlama çalışması [Adapting Digital Literacy Scale into Turkish]. *Ege Journal of Education, 18*(1), 408- 429. https://doi.org/10.12984/egeefd.295306.

Hsieh, W.M. & Tsai, C.C. (2017). Taiwanese high school teachers' conceptions of mobile learning. *Computers & Education*, 115, 82-95. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.013

Jayakumar, R. & Janaki, T. (2017). Role of Media in Child Development. *Media and Child Development*, (1), 247-253.

Kaymak, E. & Titrek, O. (2021). Öğretmenlerin teknolojiye uyumuna yönelik öz-yeterlilik düzeyinin incelenmesi [Examination of Teacher's Self- Efficacy Level for Technology Adaptation]. *Sakarya University Journal of Education Faculty*, 21(2), 104134. https://doi.org/10.53629/sakaefd.910026.

Kıyıcı, M. (2008). *Öğretmen adaylarının sayısal okuryazarlık düzeylerinin Belirlenmesi [Identifying digital literacy level of teacher's candidates?].* Doktora Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi-Eskişehir.

Korkmaz, M. (2020). *Sınıf öğretmenlerinin dijital okuryazarlık seviyelerinin belirlenmesi* [*Determining digital literacy levels of primary school teachers*]. Yüksek Lisans Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi -Eskişehir.

Kozan, M., & Özek, M. B., (2019). BÖTE bölümü öğretmen adaylarının dijital okuryazarlık düzeyleri ve siber zorbalığa ilişkin duyarlılıklarının incelenmesi [Examination of Department of CEIT Teacher Candidates' Digital Literacy Levels and Cyberbullying Sensitivities]. *The Journal of International Social Sciences*, 29(1), 107-120. https://doi.org/10.18069/firatsbed.538657.

Kurt, A.A. (2010). Okuryazarlıkta dönüşümler. H.F. Odabaşı, (Ed.), *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Işığında Dönüşümler* içinde (ss.81-118). Eskişehir: Nobel Publishing.

Marsh, J., Hannon, P., Lewis, M., & Ritchie, L. (2017). Young children's initiation into family literacy practices in the digital age. *Journal of Early Childhood Research,* 15(1), 47-60. https://doi.org/10.1177/1476718X15582095

Ng, W. (2012). Can We Teach Digital Natives Digital Literacy? *Computers & Education*, 59(3), 1065-1078. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.016

Ocak, G., & Kuş Serin, G. (2024). Öğretmenlerin bireysel yenilikçilikleri ile dijital okuryazarlık düzeylerinin, bilişim teknolojisi kullanım düzeylerine etkisi [The Effect of Teachers' Individual Innovation and Digital Literacy Levels on Information Technology Use Levels]. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 14(1), 147-169. https://doi.org/10.18039/ajesi.1288676

Olcay, S. (2018). Sosyalleşmenin dijitalleşmesi olarak sosyal medya ve resimler arasında kaybolma bozukluğu: Photolurking [Digitalization of Socialization as Social Media and Getting Lost Disorder in Photos: Photolurking]. *Yeni Medya Elektronik Dergi, 2*(2), 90-104. https://doi.org/10.17932/IAU.EJNM.25480200.2018.2/2.90-104

Öçal, F. N. (2017). *İlkokul öğretmenleri ve velilerin kendileri ile velilerin çocuklarına ilişkin dijital okuryazarlık yeterlilik algıları [Perceptions of digital literacy competence related to primary school teacher and parents themselves with their children].* Yüksek Lisans Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi-Ankara.

Özbay, M., & Özdemir, O. (2014). Türkçe Öğretim Programı İçin Bir Öneri: Dijital Okuryazarlığa Yönelik Amaç ve Kazanımlar [A suggestion for Turkish Teaching Curriculum: Digital literacy objectives and standards]. *Research in Reading and Writing Instruction* , 2(2), 31-40.

Reinking, D. (1994). *Electronic literacy* (Perspective in Reading Research No. 4). Athens, GA: National Reading Research Center.

Sabancı, D. O., Sabancı, H. E., & Karalar, H. (2024). Öğretmenlerin Eleştirel Dijital Okuryazarlıklarının İncelenmesi. Chapter 3, Innovative Studies in Educational Sciences (Editör Assoc. Prof. Dr. Yavuz Değirmenci). All Sciences Academy.

Sarıkaya, B. (2019). Türkçe öğretmeni adaylarının dijital okuryazarlık durumlarının çeşitli değişkenler açısından değerlendirilmesi [Evaluation of Digital Literacy Status of Prospective Turkish Teachers in terms of Various Variables]. *The Journal of International Social Research,* 12(62), 1098-1107. http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2019.3122.

Sarıkaya, B. (2024). Türkçe Öğretmenlerinin Dijital Okuryazarlık Düzeylerinin Belirlenmesi [Determining Digital Literacy Levels of Turkish Teachers]. *Van Yüzüncü Yıl University Journal of Education Faculty*, *21*(1), 212-229. https://doi.org/10.33711/yyuefd.1415874.

Savcı, M., & Aysan, F. (2017). Teknolojik bağımlılıklar ve sosyal bağlılık: İnternet bağımlılığı, sosyal medya bağımlılığı, dijital oyun bağımlılığı ve akıllı telefon bağımlılığının sosyal bağlılığı yordayıcı etkisi [Technological addictions and social connectedness: predictor effect of internet addiction, social media addiction, digital game addiction and smartphone addiction on social connectedness]. *Dusunen Adam The Journal of Psyc-hiatry and Neurological Sciences, 30*(3), 202-216. https://doi.org/10.5350/DAJPN2017300304.

Şad, S. N. & Nalçacı, Ö. İ. (2015). Öğretmen adaylarının eğitimde bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanmaya ilişkin yeterlilik Algıları [Prospective Teachers' Perceived Competencies about Integrating Information and Communication Technologies into Education]. *Mersin University Journal of the Faculty of Education*, 11(1), 177-197.

Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2013). *Using multivariate statistics* (Vol. 6, pp. 497-516). Boston, MA: pearson.

Tombul, A., & Yirci, R. (2023). Öğretmenlerin dijital okuryazarlık becerileri ile sınıf yönetimi becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi [Examining the Relationship Between Teachers' Digital Literacy Skills and Classroom Management Skills]. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(3), 841-853. https://doi.org/10.33437/ksusbd.1344116.

TÜİK (2018). *Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması*. Access url: http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27819.

Van Laar, E., Van Deursen, A. J., Van Dijk, J. A., & De Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in human behavior*, *72*, 577-588. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010.

Yavuz, F. (2023). *Öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeyleri ile kişisel siber güvenliği sağlama davranışları arasındaki ilişkinin incelenmesi* [*Examining the relationship between teachers' digital literacy levels and their personal cyber security behaviors].* Yüksek Lisans Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi-Elâzığ.

Yeşildal, M. (2018). *Yetişkin bireylerde dijital okuryazarlık ve sağlık okuryazarlığı arasındaki ilişki: konya örneği [The relationship between digital literacy and health literacy in adult individuals: The case of Konya].* Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi-Konya.

Yontar, A. (2019). Öğretmen adaylarının dijital okuryazarlık düzeyleri [Digital Literacy Levels of Teacher Candidates]. *Journal of Mother Tongue Education,* 7(4), 815-824. https://doi.org/10.16916/aded.593579.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TOPLUMSAL VE PSİKOLOJİK BOYUTLARIYLA SUÇ KAVRAMI ÜZERİNE KURAMSAL BİR İNCELEME

M. Süleyman BİRİNCİ
Hitit Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adli Bilimler ABD
ORCID: 0009-0001-7406-4459

Prof. Dr. Faruk GÖKMEŞE
Hitit Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adli Bilimler ABD
ORCID: 0000-0002-0275-3941

ÖZET
Bu çalışma, suç olgusunu hem sosyolojik hem de psikolojik perspektiflerden ele alarak çok boyutlu bir değerlendirme sunmaktadır. Suçun tanımı, tarihsel gelişimi ve kültürel bağlamlardaki farklılaşmaları incelenmiş; klasik ve çağdaş suç kuramları ışığında suçun toplumsal ve bireysel nedenleri tartışılmıştır. Psikanalitik, davranışçı, bilişsel ve sosyal bağ teorisi gibi psikolojik yaklaşımlar, suç davranışının içsel dinamiklerini açıklarken; anomi, yapısal-gerilim ve kültürel aktarım gibi sosyolojik kuramlar, suçun toplumsal kökenlerine ışık tutmaktadır. Çalışmada ayrıca, beyin kimyası, hormonal dengesizlikler, genetik yatkınlık gibi biyopsikolojik etkenlerin suç eğilimi üzerindeki rolü de değerlendirilmiştir. Araştırma, nitel derleme yöntemiyle yürütülmüş; yerli ve yabancı literatürden elde edilen veriler sistematik biçimde analiz edilmiştir. Bulgular, suçun yalnızca bireysel psikopatolojilerle açıklanamayacağını; sosyal yapı, kültürel normlar, ekonomik eşitsizlikler ve aile ilişkileri gibi faktörlerin de belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Psikolojik teoriler, bireyin kişilik özellikleri, bilişsel çarpıtmaları ve çevresel pekiştiricilerle suç davranışını öğrenme süreçlerini vurgularken; sosyolojik yaklaşımlar, toplumsal çözülme, yoksulluk ve sosyal kontrol mekanizmalarının zayıflamasının suça yönelimi artırdığını göstermektedir. Sonuç olarak, suç olgusunun tek bir teori ya da disiplinle açıklanamayacak kadar karmaşık olduğu; bireysel, toplumsal ve biyolojik faktörlerin karşılıklı etkileşimi içinde değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Çalışma, disiplinlerarası bir bakış açısıyla suçun çok katmanlı yapısını anlamaya yönelik kapsamlı bir kuramsal çerçeve sunmakta ve suçla mücadelede bütüncül stratejiler geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.
Anahtar Kelimeler: Suç, Suçun Nedenleri, Teori, Psikolojik Yaklaşım

A THEORETICAL EXAMINATION OF THE CONCEPT OF CRIME IN ITS SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL DIMENSIONS

ABSTRACT
This study provides a multidimensional assessment of crime from both sociological and psychological perspectives. The definition of crime, its historical development, and its variations in cultural contexts are examined; the social and individual causes of crime are discussed in light of classical and contemporary theories of crime. Psychological approaches such as psychoanalytic, behavioral, cognitive, and social bond theory explain the internal dynamics of criminal behavior, while sociological theories such as anomie, structural-tension, and cultural transmission shed light on the social origins of crime. The study also evaluated the role of biopsychological factors such as brain chemistry, hormonal imbalances, and genetic predisposition in criminal tendencies.

The research was conducted using a qualitative review method, and data obtained from local and foreign literature were analyzed systematically. The findings reveal that crime cannot be explained solely by individual psychopathologies; factors such as social structure, cultural norms, economic inequalities, and family relationships are also decisive. Psychological theories emphasize the processes by which individuals learn criminal behavior through personality traits, cognitive distortions, and environmental reinforcers, while sociological approaches show that social disintegration, poverty, and the weakening of social control mechanisms increase the tendency toward crime. In conclusion, it is stated that crime is too complex to be explained by a single theory or discipline; it must be evaluated within the context of the interaction between individual, social, and biological factors. The study offers a comprehensive theoretical framework for understanding the multi-layered nature of crime from an interdisciplinary perspective and aims to contribute to the development of holistic strategies for combating crime.
Keywords: Crime, Causes of Crime, Theory, Psychological Approach.

1. GİRİŞ

Suç, toplumların yapısal işleyişini tehdit eden, bireylerin yaşamlarını doğrudan etkileyen çok yönlü bir sosyal olgudur. Tarih boyunca hem bireysel hem de kolektif düzeyde ciddi sonuçlara yol açan suç olgusu, yalnızca yasal düzenlemelerle sınırlı bir çerçevede değil; aynı zamanda sosyolojik, psikolojik ve kültürel boyutlarıyla da kapsamlı şekilde analiz edilmesi gereken bir konudur (Polat, 2004). Suçun yalnızca bireysel bir sapma değil, toplumsal yapının bir ürünü olduğu fikri, günümüzde kriminoloji biliminin temel yaklaşımlarından biri haline gelmiştir (Lilly, Cullen & Ball, 2018).

Toplumun işleyişini düzenleyen norm ve değerlerin ihlal edilmesiyle ortaya çıkan suç, hem bireyin normatif düzenle ilişkisini hem de toplumun birey üzerindeki kontrol mekanizmalarını göz önüne serer. Bu noktada, toplumsal yapıdaki dönüşümlerin, özellikle hızlı kentleşme, göç, sosyal çözülme gibi faktörlerin suç oranları üzerindeki etkisi çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Karasu, 2008; Shaw & McKay, 1942). Özellikle Türkiye gibi iç ve dış göç hareketlerinin yoğun yaşandığı ülkelerde, suçun yalnızca bireysel sebeplerle değil, yapısal nedenlerle de açıklanması gerektiği açıktır (Cullen, Wright & Blevins, 2011).

Durkheim (2002), modern toplumlarda normların zayıflaması sonucunda bireylerin yönsüz kaldığını ve bu durumun "anomik" bir ortam yarattığını vurgulamıştır. Anomi kavramı, bireylerin neyin doğru neyin yanlış olduğuna dair toplumsal rehberlikten yoksun kaldığı koşulları tanımlarken; Merton (1938) ise bu boşluğu suç davranışıyla dolduran bireylerin, toplumsal hedeflere ulaşmak için alternatif yollar geliştirdiğini savunur. Bu durum, kültürel sapma olarak adlandırılır ve bireylerin geleneksel yollarla ulaşamadıkları başarıya suç yoluyla erişmeye çalıştıklarını göstermektedir (Clinard & Meier, 2011).

Suçun bireysel psikolojik temelleri de göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir. Özellikle psikanalitik yaklaşım, bireyin içsel çatışmalarını suç davranışının temelinde görürken; davranışçı kuramlar, çevresel pekiştiricilerin suç eğilimindeki rolüne odaklanır (Bartol & Bartol, 2017). Bilişsel teoriler ise, bireyin olaylara dair algı ve değerlendirme biçimlerinin suç davranışının gelişiminde belirleyici olabileceğini savunur. Ayrıca sosyal bağ teorisi, bireyin toplumla olan ilişkilerinin niteliğinin suç işleme eğilimini etkilediğini ifade etmektedir (Hirschi, 2002).

Kentleşmenin etkileri, toplumsal ilişkilerdeki çözülmeler, bireylerin yalnızlaşması ve sosyal kontrol mekanizmalarının zayıflaması da suç oranlarının artışına neden olan başlıca sosyolojik etkenlerdendir (İzkan, 1992). Özellikle bireylerin aidiyet hissinin kaybolması ve sosyal bağlarının kopması, onları norm dışı davranışlara yöneltebilmektedir.

Toplumun sunduğu anlam sistemlerinin işlevini yitirmesi, bireyleri alternatif değer sistemlerine ve bu sistemlerde meşrulaşan suç davranışlarına yönlendirmektedir (Agnew, 1992).

Bu bağlamda, suçun tanımı evrensel bir nitelik taşımaktan uzak olup; kültürel ve toplumsal bağlamlara göre şekillenen dinamik bir yapı sergilemektedir. Aynı davranış, bir toplumda suç olarak değerlendirilirken bir başka toplumda normal karşılanabilmektedir (Clinard & Meier, 2011). Bu nedenle suç, yalnızca ceza kanunlarında tanımlanmış bir eylem değil, aynı zamanda sosyokültürel normlara ve toplumsal kabullere dayalı olarak şekillenen bir sapma davranışıdır (Marshall, 1999).

Bu çalışma, suç kavramını hem sosyolojik hem de psikolojik açılardan değerlendirerek, bireyin suça yönelmesinde etkili olan içsel dinamikler ile toplumsal yapı arasındaki ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamaktadır. Klasik suç kuramlarından çağdaş psikolojik yaklaşımlara kadar geniş bir literatür taramasıyla oluşturulan bu analiz, suçla mücadelede daha etkili stratejiler geliştirilmesine de katkı sunmayı hedeflemektedir. Bildiride, hem bireyin psikolojik yapısına dair teorik yaklaşımlar hem de toplumun sosyokültürel yapısına dair analizler bir araya getirilerek çok katmanlı bir değerlendirme yapılacaktır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, nitel araştırma yöntemi kapsamında gerçekleştirilmiş bir derleme çalışmasıdır. Derleme yöntemi, belirli bir alandaki mevcut bilgi birikiminin sistematik biçimde toplanmasını, değerlendirilmesini ve bütüncül biçimde analiz edilmesini amaçlar (Snyder, 2019). Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı, suç kavramının sosyolojik ve psikolojik temellerini ortaya koymak ve bu konudaki kuramsal yaklaşımları karşılaştırmalı bir biçimde değerlendirmektir.

Araştırma kapsamında "suç", "suç kuramları", "psikolojik yaklaşımlar", "suçun psikolojik nedenleri", "sapma davranışı", "anomi" gibi anahtar kavramlar ekseninde yerli ve yabancı literatür sistematik biçimde taranmıştır. Tez çalışmasında, literatür taraması sırasında öncelikle ulusal kaynaklara (Bal, 2003; İçli, 2002; Kızmaz, 2005; Dönmezer, 1994; Karasu, 2008) ve alanında klasik kabul edilen teorisyenlere odaklanılmıştır. Bunun yanında, konuyla ilgili güncel bilimsel yayınlardan elde edilen veriler de değerlendirme sürecine dahil edilmiştir (Bartol & Bartol, 2017; Garland, 2001; Agnew, 1992; Lilly, Cullen & Ball, 2018).

Kaynak seçiminde aşağıdaki ölçütler esas alınmıştır:

- Suç kavramını psikolojik ve sosyolojik perspektiften ele alan kuramsal ve ampirik çalışmalara öncelik verilmiştir.
- Klasik suç kuramlarının yanı sıra çağdaş yaklaşımları da kapsayan disiplinlerarası yayınlara yer verilmiştir.
- Literatürün güvenilirliğini sağlamak adına yalnızca akademik kaynaklar, yüksek lisans/doktora tezleri, hakemli makaleler ve tanınmış yayınevlerinden çıkmış kitaplar tercih edilmiştir.

Araştırmada herhangi bir özgün veri toplama süreci yürütülmemiştir. Bunun yerine, mevcut bilgi birikimi üzerine yapılan eleştirel ve sentezleyici bir analiz tercih edilmiştir. Derleme çalışması süresince elde edilen bulgular tümdengelimsel yaklaşımla organize edilmiş; literatürdeki teorik modeller, suçun bireysel ve yapısal nedenleriyle ilişkilendirilerek sınıflandırılmıştır (Baumeister & Leary, 1997).

Bu yöntemsel tercih, hem suç kavramının teorik derinliğini görünür kılmakta hem de farklı disiplinlerden gelen yaklaşımlar arasında köprü kurarak bütüncül bir analiz zemini sunmaktadır. Böylelikle çalışma, mevcut literatürdeki dağınık bilgi parçalarını birleştirerek, alandaki araştırmalara katkı sunabilecek sağlam bir kuramsal çerçeve oluşturmaktadır.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada suçun bireysel ve toplumsal yönleri, literatürde yer alan teorik yaklaşımlar doğrultusunda sistematik biçimde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, suç olgusunun yalnızca bireysel psikopatolojilere indirgenemeyeceğini; aynı zamanda sosyal yapının, kültürel normların, ekonomik koşulların ve aile yapısının da suça yönelmede etkili olduğunu göstermektedir.

Öncelikle, psikolojik yaklaşımlar, bireyin içsel dinamikleri ve kişilik özellikleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Psikanalitik kuram suçun, bireyin çocukluk döneminde yaşadığı içsel çatışmalar ve bilinçdışı süreçlerle ilgili olduğunu öne sürerken; davranışçı yaklaşımlar, suç davranışının öğrenilmiş bir sonuç olduğunu savunmaktadır (Bartol & Bartol, 2017). Özellikle olumlu pekiştirme ve model alma süreçleriyle, bireylerin suç davranışını çevresel etkileşimler yoluyla kazandığı belirtilmiştir (Akers, 1973). Bilişsel kuram ise, bireyin olayları yorumlama ve değerlendirme biçiminin, suça yönelmede belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Yanlış bilişsel yapıların, özellikle empati eksikliği ve sorumluluk duygusunun gelişmemesiyle birleştiğinde suç davranışına neden olabileceği ifade edilmiştir (Bal, 2003).

Sosyal bağ kuramı (Hirschi, 2002), bireylerin aile, okul ve din gibi sosyal kurumlarla olan bağlarının zayıflamasının, suç işleme olasılığını artırdığını göstermektedir. Bu bağlamda elde edilen bulgular, bireylerin sosyal bağlarının güçlü olduğu toplumlarda suç oranlarının daha düşük olduğu yönündedir (Hirschi, 2002). Yine benzer şekilde, etiketleme kuramı bireylerin toplumsal olarak "suçlu" olarak damgalanmasının, onların bu kimliği benimsemesine ve suç davranışının süreklilik kazanmasına yol açabileceğini ortaya koymaktadır (Kızmaz, 2005).

Sosyolojik kuramlar ise suçun yapısal kökenlerine odaklanmıştır. Özellikle anomi kuramı (Durkheim, 2002; Merton, 1938), normların zayıfladığı toplumlarda bireylerin amaçlara ulaşmak için meşru olmayan yolları tercih edebildiğini göstermektedir. Merton'un yapısal-gerilim modeli çerçevesinde, bireylerin toplum tarafından belirlenen hedeflere ulaşmak için eşit imkanlara sahip olmaması, suça yönelimi artıran temel faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, özellikle düşük gelir gruplarındaki bireylerde daha belirgin şekilde gözlemlenmektedir (Clinard & Meier, 2011).

Chicago Okulu tarafından geliştirilen kültürel aktarım kuramı, suçun yalnızca bireysel değil, çevresel faktörlerden de kaynaklandığını göstermektedir. Özellikle şehirlerin sosyoekonomik açıdan dezavantajlı bölgelerinde suçun yaygınlaştığı; toplumsal değerlerin erozyona uğradığı, işsizlik ve yoksulluğun yaygın olduğu alanlarda suçun öğrenilerek kuşaktan kuşağa aktarıldığı saptanmıştır (Shaw & McKay, 1942; Siegel & Senna, 1981).

Biyopsikolojik etkenler açısından ise; bireylerin suç işlemeye yatkınlıklarının, genetik yapı, beyin kimyası, nörotransmitter seviyeleri ve hormonal dengesizliklerle ilişkilendirilebileceği vurgulanmıştır (Bartol & Bartol, 2017). Özellikle dopamin ve serotonin düzeylerinin suç davranışıyla ilişkili olduğu; frontal lob hasarlarının saldırganlık ve dürtü kontrolünde bozulmalara yol açabileceği yönünde bulgular mevcuttur. Ayrıca madde bağımlılığı, uykusuzluk, hormonal dengesizlik ve psikopati gibi durumların da bireylerde suç eğilimini artırdığı görülmektedir (Bal, 2003).

Sonuç olarak, elde edilen bulgular suç davranışının tek bir teori ya da disiplin çerçevesinde açıklanamayacak kadar çok boyutlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bireysel psikodinamik süreçler, sosyal çevre, ekonomik eşitsizlikler, kültürel değerler ve biyolojik etmenler birlikte değerlendirilmeden, suçun bütünsel bir analizi yapılamamaktadır. Bu durum, özellikle çok faktörlü suç teorilerinin ve disiplinlerarası yaklaşımların önemini artırmaktadır (Lilly, Cullen & Ball, 2018).

4. TARTIŞMA, SONUÇ, VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

Bu çalışma kapsamında suç kavramı, hem bireyin içsel dünyasını anlamaya çalışan psikolojik teoriler hem de toplumsal yapıyı merkezine alan sosyolojik kuramlar çerçevesinde çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmıştır. Literatürdeki kuramsal birikim, suçun tek bir nedene indirgenemeyecek kadar karmaşık bir yapı arz ettiğini ortaya koymaktadır. Özellikle suç davranışının hem bireyin psikodinamik süreçleri hem de sosyal çevresiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği yönündeki bulgular, çağdaş kriminolojik yaklaşımların ortaklaştığı bir noktayı oluşturmaktadır (Lilly, Cullen & Ball, 2018).

Psikolojik yaklaşımlar, bireylerin kişilik özellikleri, travmatik yaşam deneyimleri, bilişsel çarpıtmaları ve duygusal düzenleme becerileri gibi bireysel faktörlerin suça yönelimde etkili olduğunu savunmaktadır. Özellikle davranışçı ve bilişsel kuramlar, bireylerin çevresel etkilerle suç davranışını öğrenebileceğini ve bu davranışın pekiştirme süreçleriyle kalıcı hale gelebileceğini ileri sürmektedir (Bartol & Bartol, 2017; Akers, 1973). Bu durum, suçla mücadelede birey merkezli psikoeğitimsel müdahalelerin ve olumlu modellemelerin önemini artırmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar, bireyin içinde bulunduğu toplumsal bağlamı zaman zaman ihmal edebilmektedir.

Sosyolojik yaklaşımlar ise bireyin içinde yer aldığı sosyal yapı, sınıfsal konum, kültürel normlar ve sosyal kontrol mekanizmaları gibi makro etmenlerin suç üzerindeki belirleyici rolünü vurgular. Durkheim'in (2002) anomi kuramı ile Merton'un (1938) yapısal-gerilim modeli, bireyin normatif yönelim kaybı yaşadığı ortamlarda alternatif davranışlara (örneğin suç) yöneldiğini açıklamaktadır. Bu kuramlar, suçun bireysel olduğu kadar yapısal bir sorun olduğunu göstermektedir. Özellikle eşitsizlik, yoksulluk, kentleşme ve sosyal çözülme gibi yapısal sorunlar suç davranışının oluşumuna doğrudan katkıda bulunmaktadır (Karasu, 2008; Shaw & McKay, 1942).

Sosyal bağ kuramı (Hirschi, 2002) bireyin suç davranışını toplumla olan ilişkileri bağlamında değerlendirirken; etiketleme kuramı (Kızmaz, 2005), toplumsal dışlamanın bireyin kimlik algısını nasıl şekillendirdiğini ve suçun süreklilik kazanmasına nasıl yol açtığını göstermektedir. Bu durum, ceza adalet sisteminde cezalandırıcı değil, onarıcı adalet temelli yaklaşımların güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Biyolojik ve nöropsikolojik araştırmaların vurguladığı üzere, genetik yatkınlık, hormon düzeyleri, nörotransmitter dengesi ve beyin yapısındaki bozulmalar gibi faktörler, suç davranışında etkili olabilir (Bartol & Bartol, 2017). Ancak bu bulguların çoğu determinist bir yaklaşımla yorumlandığında etik ve toplumsal riskler taşıyabilir. Bu nedenle, biyolojik etkenlerin yalnızca potansiyel risk faktörleri olarak ele alınması ve sosyal çevreyle etkileşim içinde değerlendirilmesi daha sağlıklı bir yaklaşım olacaktır.

Tüm bu bulgular ışığında, suç davranışını açıklamaya yönelik olarak geliştirilen kuramların birbirini dışlayan değil, tamamlayıcı yönleri olduğu söylenebilir. Bireyin suça yönelmesinde hem içsel psikolojik süreçler hem de dışsal sosyal koşulların karşılıklı etkileşim içinde olduğu kabul edilmelidir. Özellikle çok boyutlu (multifaktöriyel) kuramsal yaklaşımlar, suç olgusunun bütünsel analizine olanak sağlamaktadır (Garland, 2001). Suçun oluşumunu yalnızca bireysel "ahlaki zayıflık" ya da toplumsal "bozulma" ile açıklamaya çalışmak, indirgemeci ve yetersiz bir yaklaşıma yol açmaktadır.

Sonuç olarak, suç davranışı hem bireysel hem de toplumsal düzeyde ele alınması gereken kompleks bir olgudur. Etkili suçla mücadele stratejileri geliştirebilmek için, disiplinlerarası ve çok düzeyli yaklaşımların benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda psikolojik destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, sosyal eşitsizliklerin giderilmesi, toplumsal bütünlüğün yeniden inşası ve kültürel normların yaygınlaştırılması gibi çok yönlü politikaların bir arada uygulanması gerekmektedir.

4.2. Sonuç

Bu çalışma kapsamında suç kavramı hem bireysel hem de toplumsal düzeyde çok boyutlu olarak ele alınmış ve suç davranışının yalnızca hukuki değil, aynı zamanda psikolojik, sosyolojik ve kültürel bir olgu olduğu ortaya konmuştur. İncelenen kuramsal yaklaşımlar, bireylerin suça yönelmesinde içsel psikolojik süreçlerin (örneğin: kişilik bozuklukları, duygusal düzenleme sorunları, bilişsel çarpıtmalar) yanı sıra toplumsal yapıdaki çözülme, normatif zayıflama, sosyal bağların kopması gibi dışsal etkenlerin de belirleyici olduğunu göstermektedir (Bartol & Bartol, 2017; Hirschi, 2002; Merton, 1938; Durkheim, 2002).

Psikolojik kuramlar, suç davranışının öğrenilen bir süreç olduğunu ve bireyin çevresel faktörlerle koşullandığını vurgularken (Akers, 1973), sosyolojik kuramlar suçun toplumsal yapıda meydana gelen eşitsizlik, anomi ve kültürel sapmalarla ilişkili olduğunu savunmaktadır (Shaw & McKay, 1942; Clinard & Meier, 2011). Ayrıca genetik ve nöropsikolojik faktörlerin de suç davranışına katkı sunabileceği yönündeki bulgular, suçun biyopsikososyal bir olgu olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Bal, 2003).

Elde edilen bulgular ışığında, suç davranışı; birey, toplum ve biyolojik altyapının kesişiminde ortaya çıkan, karmaşık ve çok düzeyli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle suçla mücadele yalnızca ceza hukuku uygulamalarıyla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda bireyin psikososyal gelişimini destekleyen, toplumsal eşitsizlikleri azaltan ve kültürel normları güçlendiren bütüncül stratejilerle desteklenmelidir.

4.3. Öneriler

Psikolojik Müdahale Programlarının Yaygınlaştırılması: Suç risk grubundaki bireylere yönelik bilişsel davranışçı terapiler, öfke kontrolü programları ve psiko-sosyal destek uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır (Bartol & Bartol, 2017).

Toplumsal Eşitsizliklerin Azaltılması: Gelir dağılımındaki adaletsizlik, işsizlik, kentleşmeye bağlı sosyal çözülme gibi yapısal sorunlara karşı sosyal politika araçları güçlendirilmelidir (Merton, 1938; Shaw & McKay, 1942).

Çok Disiplinli Yaklaşımların Teşvik Edilmesi: Kriminolojik araştırmaların yalnızca hukuk temelli değil, psikoloji, sosyoloji, nörobilim ve sosyal hizmet gibi disiplinleri kapsayacak biçimde geliştirilmesi gerekmektedir (Garland, 2001; Lilly, Cullen & Ball, 2018).

KAYNAKÇA

Agnew, R. (1992). Foundation for a general strain theory of crime and delinquency. *Criminology, 30*(1), 47–88.

Akers, R. L. (1973). *Deviant behavior: A social learning approach*. Wadsworth Publishing.

Bal, H. (2003). *Hukuk-Hukuk Sosyolojisi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No: 32.

Bartol, C. R., & Bartol, A. M. (2017). *Criminal behavior: A psychological approach*. Pearson Education.

Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1997). Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology, 1*(3), 311–320.

Clinard, M. B., & Meier, R. F. (2011). *Sociology of deviant behavior*. Cengage Learning.

Cullen, F. T., Wright, J. P., & Blevins, K. R. (2011). *Taking stock: The status of criminological theory*. Transaction Publishers.

Dönmezer, S. (1994). *Kriminoloji*. Beta Yayınları.

Durkheim, E. (2002). *Suicide: A study in sociology* (J. A. Spaulding & G. Simpson, Trans.). Routledge.

Garland, D. (2001). *The Culture of Control: Crime and Social Order in Contemporary Society*. University of Chicago Press.

Hirschi, T. (2002). *Causes of Delinquency*. Routledge.

İçli, T. (2002). *Kriminoloji*. Bizim Büro Basımevi.

İzkan, S. (1992). *Türkiye'de Toplumsal Değişme ve Kentleşme Sürecinde Suç ve Suçluluk Olgusuna Sosyolojik bir Yaklaşım*. (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi.

Karasu, M. A. (2008), Türkiye'de Kentleşme Dinamiklerinin Suça Etkisi. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 57*(4), 255-281.

Kızmaz, Z. (2005). Kriminolojide Yeni Yönelimler: Bütünleşik (Integrated) Suç Kuramları-I, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 15* (2), 349-377.

Lilly, J. R., Cullen, F. T., & Ball, R. A. (2018). *Criminological theory: Context and consequences*. SAGE Publications.

Marshall, G. (1999). *Sosyoloji Sözlüğü*. (Çev. O. Akınhay ve D. Kömürcü). Bilim ve Sanat Yayınları.

Merton, R. K. (1938). Social Structure and Anomie. *American Sociological Review*, *3*(5), 672–682.

Polat, O. (2004). *Kriminoloji ve Kriminalistik Üzerine Notlar*. Seçkin Yayınları.

Shaw, C. R., & McKay, H. D. (1942). *Juvenile Delinquency and Urban Areas*. University of Chicago Press.

Siegel, L. J., & Senna, J. J. (1981). *Juveniledelinguency*. West Publication Company

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 104*, 333–339.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BİLİMSEL DEVRİMLERİ POLİTİK DEVRİMLERİN GÖLGESİNDE YENİDEN DÜŞÜNMEK

Dr. Öğr. Üyesi Mete Han ARITÜRK
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü
ORCID: 0000-0003-3773-9610

ÖZET
Bu bildiri, bilimsel ve politik değişimlerin kökleri ile kesişim noktaları üzerine felsefi bir tartışma sunmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, devrim kavramının kendisi, kökeni ve tarihsel evrimi ele alınacaktır. Nicolaus Copernicus, *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine) adlı çalışmasında devinim anlamına sahip olan "revolution" yani devrim kavramını kullanmıştır. Ancak kavram bugünkü politik devrim anlamını çok sonraları kazanmıştır. Christopher Hill, devrimin modern politik anlamını 1688 yılından sonra kazandığını, öncesinde ise Copernicus'ta görüldüğü üzere göğün devinimini ve dairesel hareketini tamamlamasını imleyen astronomik ve astrolojik anlama sahip olduğunu iddia eder. Yani, politik devrim kavramının kökeninde dahi bilimsel anlamda devrim kavramı bulunmaktadır. Copernicus'un güneşi merkeze alarak yaptığı göksel devrim bile dönemin toplumsal ve düşünsel koşullarının etkisi altında gelişmiştir. Zira Copernicus, elindeki verileri kullanarak Claudius Ptolemaeus'un yermerkezli modelinin karmaşıklığını gidermeyi amaçlamış, Güneş'in merkezde olduğu daha sade ve matematiksel olarak tutarlı bir sistem önermiştir.
Günümüzde de küresel ısınma, dünyanın günden güne tüketilmesi ve yok edilmesi gibi sorunlar karşısında, özellikle nükleer enerji ve fosil yakıtların tüketimi yerine yenilenebilir enerji teknolojilerinin oluşturulmasında bilimsel gelişmeler yine politik atmosfere bağlı olarak gelişmektedir. Tüm bunlar, bilimin ve politikanın iç içe geçmiş girift bir yapısı olduğunu, dolayısıyla bilimsel ve politik devrimlerin birbirinden ayrı düşünülemeyeceğini ortaya koymaktadır. Bu bildiri, günümüzdeki bilimin yarattığı sorunların politik nedenlerini ve sonuçlarını felsefi bakımdan irdeleyecektir. Bu tartışma, öncelikle Thomas Samuel Kuhn'un *The Structure of Scientific Revolutions* (Bilimsel Devrimlerin Yapısı) eserinde belirttiği üzere, bilimin bir bütün halinde ve düzenli şekilde değil, doğada ve toplumlarda olduğu gibi çatışmalarla ve çevresindeki şartlardan ve yapılardan da etkilenerek devrimlerle ilerlediğine dair görüşleri üzerinden yürütülecektir. Kuhn'un bu yaklaşımından hareketle, bu bildiri bilimsel devrimler ile sosyal ve politik devrimler arasındaki ilişkiyi detaylı bir şekilde ortaya koymaya çalışacaktır.
Anahtar Kelimeler: Bilimsel Devrim, Politik Devrim, Kuhn, Copernicus

RETHINKING SCIENTIFIC REVOLUTIONS IN THE SHADOW OF POLITICAL REVOLUTIONS

ABSTRACT
This paper aims to present a philosophical discussion on the roots and intersections of scientific and political change. In this context, the concept of revolution itself, its origins and historical evolution will be examined. Nicolaus Copernicus used the term 'revolution,' which means movement, in his work De Revolutionibus Orbium Coelestium (On the Revolutions of the Heavenly Spheres). However, the concept did not acquire its current political meaning until much later.

Christopher Hill argues that the modern political meaning of revolution was acquired after 1688, and that before that, as seen in Copernicus, it had an astronomical and astrological meaning, implying the movement and circular motion of the heavens. In other words, even at the origin of the concept of political revolution, there is the concept of revolution in the scientific sense. Even Copernicus's celestial revolution, which placed the sun at the centre, developed under the influence of the social and intellectual conditions of the time. Copernicus aimed to eliminate the complexity of Claudius Ptolemy's geocentric model by using the data at his disposal and proposed a simpler and mathematically consistent system with the sun at the centre.

Today, in the face of problems such as global warming and the daily consumption and destruction of the world, the development of renewable energy technologies, rather than the consumption of nuclear energy and fossil fuels, is again shaped by the political atmosphere. All of this reveals that science and politics are intertwined in a complex structure, and therefore scientific and political revolutions cannot be considered separately from one another. This paper will examine the political causes and consequences of the problems stemming from scientific and technological applications today from a philosophical perspective. This discussion will be based primarily on Thomas Samuel Kuhn's view, as stated in his work The Structure of Scientific Revolutions, that science does not progress as a whole and in an orderly manner, but rather through revolutions, influenced by conflicts and the conditions and structures around it, as in nature and society. Building on Kuhn's approach, this paper will explore the relationship between scientific revolutions and social and political revolutions.

Keywords: Scientific Revolution, Political Revolution, Kuhn, Copernicus

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DİJİTAL KAMUSAL ALANIN BOZULMASI: X TROLLERİNİN GAZETECİLİK FAALİYETLERİNE ETKİLERİ

Dr. Alican ÖZER
Ankara Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım
ORCID: 0000-0003-3522-3434

ÖZET
Dijital kamusal alan olarak X, gazetecilerin haber üretim süreçlerinde hem bilgi kaynağı takibi hem de kamuoyu nabzını ölçme aracı olarak kritik bir rol oynamaktadır. Ancak platformda örgütlü veya bireysel biçimde faaliyet gösteren "troller", dezenformasyon, itibarsızlaştırma ve hedef gösterme gibi yöntemlerle gazetecilik faaliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışma, trollerin gazetecilik üzerindeki etkilerini nitel içerik analizi yöntemiyle incelemektedir. Araştırmada, 2024 yılında Türkiye'de faaliyet gösteren 15 gazetecinin X üzerindeki etkileşimleri, troll hesapların müdahaleleri ve bu müdahalelerin haber üretim sürecine yansımaları analiz edilmiştir. Bulgular, troll saldırılarının üç temel boyutta etkili olduğunu ortaya koymaktadır: (1) Haber gündeminin manipülasyonu yoluyla gazetecilerin önceliklerinin değiştirilmesi, (2) Sürekli tehdit ve hakaret ortamının gazetecileri otosansüre yöneltmesi, (3) Sistematik dezenformasyonun kamuoyu güvenini aşındırması. Bu durum, hem haberin doğruluğu hem de gazetecilerin mesleki özgürlüğü açısından ciddi riskler doğurmaktadır. Tartışma bölümünde, elde edilen bulgular Habermas'ın kamusal alan kuramı çerçevesinde dijital kamusal alanın demokratik müzakere kapasitesinin zayıflaması ve Chomsky'nin propaganda modeli bağlamında dezenformasyonun yapısal işlevleri üzerinden değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, trollerin yarattığı manipülatif ortam, dijital kamusal alanın özgür ve çoğulcu iletişim işlevini zedelemektedir. Çalışma, medya etiği ve platform politikaları bağlamında öneriler geliştirerek gazetecilerin dijital güvenliğini artırmaya yönelik stratejik adımlar önermektedir. Bu öneriler arasında algoritmik şeffaflık, platform içi moderasyonun güçlendirilmesi, gazetecilere yönelik dijital güvenlik eğitimleri ve çevrim içi tacizle mücadele mekanizmalarının etkinleştirilmesi yer almaktadır.
Anahtar Kelimeler: X, Twitter, troll, gazetecilik, dijital kamusal alan, dezenformasyon

DISRUPTION OF THE DIGITAL PUBLIC SPHERE: THE IMPACT OF X TROLLS ON JOURNALISM

ABSTRACT
As a digital public sphere, X plays a critical role in journalists' news production processes, serving both as a tool for monitoring information sources and gauging public opinion. However, "trolls," operating either in organized groups or individually, directly affect journalistic activities through methods such as disinformation, defamation, and targeted harassment. This study examines the impact of trolls on journalism using a qualitative content analysis method. The research analyzes the interactions of 15 journalists active in Turkey in 2024 on X, the interventions of troll accounts, and how these interventions are reflected in the news production process. The findings reveal that troll attacks are effective in three main dimensions: (1) altering journalists' priorities through manipulation of the news agenda, (2) driving journalists toward self-censorship due to a constant environment of threats and insults, and (3) eroding public trust through systematic disinformation. This situation poses serious risks for both the accuracy of news and journalists' professional freedom.

In the discussion section, the findings are evaluated within the framework of Habermas's public sphere theory, focusing on the weakening of the democratic deliberative capacity of the digital public sphere, and Chomsky's propaganda model, examining the structural functions of disinformation. In conclusion, the manipulative environment created by trolls undermines the free and pluralistic communication function of the digital public sphere. The study offers recommendations in the context of media ethics and platform policies, aiming to enhance journalists' digital security. These include algorithmic transparency, strengthening in-platform moderation, providing journalists with digital security training, and implementing effective mechanisms to combat online harassment.
Keywords: X, Twitter, trolls, journalism, digital public sphere, disinformation

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

E-TİCARET ORTAMINDA MARKA HAKKINA TECAVÜZDE LİSANS BEDELİ YÖNTEMİNE GÖRE YOKSUN KALINAN KAZANCIN HESAPLANMASI

Dr. Öğretim Üyesi İlker KARAÖNDER
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Büro Hizmetleri ve Sekreterlik Bölümü
ORCID: 0000-0003-3625-7273

ÖZET
E-ticaretin hızla gelişmesi ve çevrim içi ticaret hacminin artması, marka hakkına yönelik tecavüzlerin geleneksel yöntemlerden farklılaşmasına yol açmış, bu durum hem hukuki hem de ekonomik açıdan yeni sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Dijital pazarlamanın, sosyal medya reklamlarının, mobil uygulamaların ve çevrim içi satış platformlarının yaygınlaşması, marka sahibinin haklarının ihlal edilmesini kolaylaştırmakta; buna karşılık bu ihlaller sonucunda ortaya çıkan maddi tazminat taleplerinin hesaplanmasını daha karmaşık ve tartışmalı bir hale getirmektedir. 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu uyarınca marka hakkı sahibinin talep edebileceği zarar kalemlerinden biri, yoksun kalınan kazançtır. Bu zarar kaleminin belirlenmesinde kullanılan üç yöntemden biri olan lisans bedeli yöntemi, özellikle e-ticaret bağlamında özel bir önem taşımaktadır. Çünkü çevrim içi satışlarda haksız kullanımın doğrudan tespiti, satış hacminin gerçek boyutunun ortaya konulması, haksız kazancın ne ölçüde markaya dayalı olduğunun belirlenmesi ve buna uygun lisans bedelinin hesaplanması çoğu zaman güçlük arz etmektedir. Çalışmada öncelikle lisans bedeli yönteminin hukuki dayanakları, kapsamı ve teorik çerçevesi açıklanacak; ardından e-ticaret ortamında uygulamada karşılaşılan sorunlar ele alınacaktır. Özellikle dijital satış verilerinin delil olarak kullanılabilirliği, çevrim içi platformların sorumluluğu, ispat yükünün dağılımı, bilirkişi raporlarında görülen metodolojik farklılıklar ve yargı kararlarının uygulamadaki rolü ayrıntılı biçimde değerlendirilecektir. Sonuç bölümünde ise lisans bedeli yönteminin daha etkin ve isabetli uygulanabilmesi için öneriler sunularak çalışmanın hem teorik hem de pratik katkı sağlaması hedeflenecektir.
Anahtar Kelimeler: Marka Hakkı, E-Ticaret, Yoksun Kalınan Kazanç, Lisans Bedeli Yöntemi

CALCULATION OF LOSS OF PROFIT BASED ON THE LICENSE FEE METHOD IN TRADEMARK INFRINGEMENTS IN THE E-COMMERCE ENVIRONMENT

ABSTRACT
The rapid development of e-commerce and the expansion of online trade volume have led to trademark infringements that differ significantly from traditional forms, giving rise to new legal and economic challenges. The widespread use of digital marketing, social media advertising, mobile applications, and online sales platforms facilitates the infringement of trademark owners' rights; however, it simultaneously complicates and renders more controversial the calculation of pecuniary compensation claims arising from such infringements. Pursuant to the Turkish Industrial Property Code No. 6769, one of the categories of damages that a trademark owner may claim is loss of profit. Among the three methods employed to calculate this category of damage, the license fee method carries particular importance in the context of e-commerce.

This is because in online sales, the direct detection of unauthorized use, the accurate determination of the actual sales volume, the assessment of the extent to which the unlawful gain is attributable to the trademark, and the calculation of the corresponding license fee often pose significant difficulties. This study will first examine the legal foundations, scope, and theoretical framework of the license fee method, and then address the challenges encountered in its application within the e-commerce environment. Special attention will be paid to the admissibility of digital sales data as evidence, the liability of online platforms, the distribution of the burden of proof, methodological divergences in expert reports, and the role of judicial decisions in practice. In the conclusion, recommendations will be offered to ensure a more effective and accurate application of the license fee method, with the aim of contributing both theoretically and practically to the field.
Keywords: Trademark Right, E-Commerce, Loss of Profit, License Fee Method

GİRİŞ

Sınai mülkiyet kavramının en önemli bileşenleri arasında yer alan marka, ekonomik hayatın da vazgeçilmez unsurlarından biri olarak, ticari işletmelerce üretilen mal ve hizmetlerin rakiplerinden ayırt etme, sistemin tüketici yönünde ise güven tesis etme işlevlerini yerine getirmektedir. Bu önemli işlevleri nedeniyle marka, yalnızca bireysel bir hakka işaret etmenin ötesinde, ekonomik ve hukuki sistemin bütünlüğü içerisinde haksız rekabetin önlenmesi, ticari hayatın devamlılığı ve istikrarının sağlanması, tüketici güveninin korunması ve piyasa aktörleri arasındaki dengenin gözetilmesi gibi çok yönlü hedeflere hizmet eden kurumsal bir araç niteliği kazandığından, bu işlevlerin etkin biçimde yerine getirilebilmesini temin etmek amacıyla markadan kaynaklanan hakların korunmasına yönelik normatif bir düzenin tesis edilmesi ve sürdürülebilir biçimde işletilmesi zorunluluk arz etmektedir.

Maddi bir varlığa sahip olmaması, yani soyut bir nitelik taşıması nedeniyle hukuki açıdan eşya niteliği arz etmese de, marka üzerindeki hak, sahibine, izni olmaksızın kullanımını engelleme yetkisini kapsayan ve bu yönüyle mutlak haklar kategorisi içerisinde değerlendirilen bir hak statüsü sağlamaktadır (Tekinalp, 2004: 20-21). Diğer sınai mülkiyet haklarında olduğu gibi, marka hakkının doğması kural olarak Türk Patent ve Marka Kurumu nezdinde tescil edilmesine bağlıdır (Karahan ve ark., 2007:5). Tescil ile marka, sahibinin mal varlığına dahil olmakta ve markaya ilişkin mutlak hakka bağlı olarak tecavüzlere karşı dava açma yetkisini vermektedir (Oytaç, 2002:5). 22 Aralık 2016 tarih ve 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu (SMK) sistemi, marka hakkının ceza ve hukuk davaları yoluyla korunmasına imkan tanımaktadır. Türk hukukunda, başkasına ait marka hakkına iktibas veya iltibas suretiyle tecavüz edilerek mal üretilmesi veya hizmet sunulması, bu mal ve hizmetlerin satışa arz edilmesi veya satılması, ithal veya ihraç edilmesi, ticari amaçla satın alınması, bulundurulması, nakledilmesi ya da depolanması, suç teşkil eden fiiller olarak düzenlenmiştir (6769 Sayılı SMK, md.30/1). Soruşturulması ve kovuşturulması şikâyete bağlı olan marka hakkına tecavüz fiilleri, ceza hukuku kapsamında yaptırıma bağlanmakla birlikte, marka hakkı aynı zamanda hukuk davaları yoluyla da korunmaktadır.

6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu kapsamında düzenlenen sınai mülkiyet haklarına tecavüz hâlinde, hak sahibinin mahkemeden talep edebileceği koruma yolları ve talepler Kanunun 149'uncu maddesinde hükme bağlanmıştır. Bu talepler, ancak gerçekleşmiş bir tecavüzün veya yakın bir tecavüz tehlikesinin varlığı hâlinde işlerlik kazanabileceğinden, öncelikle tecavüz kavramının kapsam ve sınırlarının açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Markalar açısından tecavüz fiilleri, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu'nun 29'uncu maddesinde sayılmıştır.

Dört bent halinde sıralanan bu fiiller; marka sahibinin rızası olmaksızın markanın Kanunun 7'nci maddesinde öngörülen kullanım biçimlerine konu edilmesi, markanın veya ayırt edilemeyecek ölçüde benzerinin izinsiz şekilde kullanılarak taklit edilmesi, taklit suretiyle üretilmiş markalı ürünlerin bilerek ya da bilinmesi gereken şekilde ticari dolaşıma sokulması, bu çerçevede satılması, dağıtılması, ithal veya ihraç edilmesi, ticari amaçla elde bulundurulması yahut sözleşme konusu edilmesi ve son olarak lisans sözleşmeleri ile tanınan hakların hukuka aykırı biçimde genişletilmesi veya üçüncü kişilere devredilmesi şeklinde tezahür etmektedir. SMK'nın 30'uncu maddesinin (a) bendinde, aynı Kanun'un 7'nci maddesine yapılan atıf çerçevesinde de, tescilli marka ile aynı işaretin tescil kapsamına giren mal veya hizmetlerde kullanılması, tescilli marka ile aynı veya benzer işaretin aynı veya benzer mal veya hizmetlerde halk tarafından karıştırılma ihtimali yaratacak şekilde kullanılması ve tescilli marka ile aynı veya benzer işaretin, aynı, benzer veya farklı mal ve hizmetlerde olmasına bakılmaksızın tanınmışlık düzeyi nedeniyle markanın itibarından haksız yarar sağlamak, itibarına zarar vermek veya ayırt edici karakterini zedelemek amacıyla haklı bir sebep olmaksızın kullanılması eylemleri de marka hakkına tecavüz kapsamında bulunduğu ifade edilebilir (SMK, md.7/2-a,b,c).

6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu'nun 29'uncu maddesinde (aynı Kanunun atıf yapılan 7'nci maddesinde sayılan fiillerle birlikte) düzenlenen fiillerin gerçekleşmesi hâlinde, marka hakkına sahip olan kişi mahkemeden fiilin tecavüz teşkil edip etmediğinin tespitini talep edebilir (SMK, md.149/1-a). Gerçekleştirilen eylemin tecavüz teşkil edip etmediğinin belirlenmesi amacıyla, tecavüzün sona erdiği ancak etkilerinin devam ettiği durumlarda açılabilen tespit davası, delil tespiti talebi ve tazminat davasının ön basamağını oluşturan hukuka aykırılığın tespitinden farklı bir dava niteliği taşımaktadır (Tekinalp, 2004:581). Uygulamada, mütecaviz olduğu iddia edilen marka ile tescilli marka arasında görsel, işitsel ve diğer özellikler bakımından benzerlik gösterip göstermediğini, tespit edilen benzerlik düzeyinin incelenen markanın bulunduğu ürün veya hizmetlerin ortalama düzeydeki tüketicisi nezdinde iltibasa neden olma ihtimalini ortaya koyan denetime elverişli bilirkişi raporu aldırılarak hüküm tesis edildiği görülmektedir.(Bkz.Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 20 Mayıs 2025 Tarih ve E. 2024/5266, K. 2025/3469 Sayılı kararı). Salt fiilin tecavüz teşkil edip etmediğinin tespiti talepleri yanında, 6769 Sayılı SMK'nın 149'uncu maddesinde sayılan diğer talepler açısından da, tespit incelemesi temel bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, benzer şekilde hazırlanan bilirkişi raporları dava dosyasına kazandırılmakta ve mahkeme tarafından delil olarak değerlendirilmektedir.(Bkz. Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 13 Mart 2024 Tarih ve E. 2022/5653, K. 2024/2049 Sayılı kararı).

6769 Sayılı SMK'nın 149'uncu maddesi uyarınca, marka hakkına tecavüz edildiği iddiasında olan hak sahibi, fiili tecavüzün bulunup bulunmadığının tespiti dışında, muhtemel tecavüzün önlenmesi, tecavüz fiillerinin durdurulması, tecavüzün kaldırılması ile maddi ve manevi zararın tazmini taleplerinde bulunabilir. Marka hakkına tecavüze dayalı olarak ileri sürülen maddi tazminat talebi, yalnızca tecavüzün gerçekleşip gerçekleşmediğine ilişkin incelemeyi değil, aynı zamanda zararın hesaplanmasını da zorunlu kılmaktadır. Marka hakkına yönelik tecavüzlerde, soyut bir hakkın ihlali sonucu zararın doğması, klasik haksız fiil ve tazminat hukukuna kıyasla tecavüzün boyutunun, kusurun ve zararın belirlenmesini daha güç hale getirmektedir (Aydın, 2017:518).

Marka hakkına tecavüz teşkil eden fiilleri gerçekleştiren kişilerin, marka hakkı sahibinin uğradığı zararı tazminle yükümlü olduğu; bu zararın ise hem fiili kaybı hem de yoksun kalınan kazancı kapsadığı hüküm altına alınmıştır (SMK, md. 150/1, 151/2).

Zarar görenin malvarlığının aktifinin azalması veya pasifinin artması ile gerçekleşen fiili zarar (Karabayır ve Şeker, 2021: 39), marka hakkının ihlalinden kaynaklanan durumlarda Türk Borçlar Kanunu'nun haksız fiillere ilişkin hükümlerinin kıyasen uygulanması suretiyle giderilmektedir (Tekinalp, 2004:461). Yoksun kalan kazanç ise, ihlal eylemi olmasaydı elde edilecek olan gelirin ispatlanmasıyla belirlenen bir alacak kalemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Kaya ve Kervankıran, 2024:240). Marka hakkına tecavüz fiilinden kaynaklanan maddi tazminat talebi kapsamında yoksun kalınan kazancın istenebilmesi için de, 6098 Sayılı Borçlar Kanununca düzenleme altına alınan haksız fiil sorumluluğunun doğumu için aranan şartların gerçekleşmesi gerekir (Atasoy, 2015:46).

Bu çalışmanın temel amacı, e-ticaret ortamında marka hakkına tecavüz fiilleri sonucunda ortaya çıkan yoksun kalınan kazancın hesaplanmasında lisans bedeli yönteminin uygulanabilirliğini hukuki ve pratik yönleriyle incelemektir. Çalışma, dijital ticaretin hızla geliştiği günümüzde marka hakkı ihlallerinin geleneksel yöntemlerden farklı biçimlerde tezahür etmesi nedeniyle doğan hesaplama sorunlarını ele almayı hedeflemektedir. Bu kapsamda lisans bedeli yönteminin dayandığı hukuki temeller, uygulamada karşılaşılan güçlükler, bilirkişi raporlarının metodolojik farklılıkları ve yargı kararlarının rolü üzerinde durulmaktadır. Böylelikle çalışmanın, hem teorik düzeyde lisans bedeli yönteminin sınırlarının belirlenmesine hem de uygulamada daha etkin ve isabetli bir şekilde kullanılabilmesine katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

YÖNTEM

Marka hakkına tecavüzde yoksun kalınan kazancın hesaplama yöntemleri arasında yer alan lisans bedeli yönteminin hukuki dayanakları, kapsamı ve teorik çerçevesi ilgili mevzuat incelenerek ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca, lisans bedeli yönteminin e-ticaret ortamında uygulanabilirliği, uygulamada karşılaşılan sorunlar ve Yargıtay kararları çerçevesinde analiz edilerek hem teorik hem de pratik boyutları değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde, marka hakkına tecavüz durumunda ortaya çıkan yoksun kalınan kazancın tespitinde kullanılan hesaplama yöntemleri, özellikle e-ticaret ortamında lisans bedeli yöntemi çerçevesinde ele alınacaktır.

Marka Hakkına Tecavüz Durumunda Hak Sahibinin Yoksun Kaldığı Kazancın Hesaplanma Yöntemleri

Marka hakkına tecavüz durumunda hak sahibinin talep edebileceği maddi tazminat kalemlerinden biri olan yoksun kalınan kazancın fiili zarardan farkı, fiili zararda malvarlığında somut bir azalma meydana gelirken, yoksun kalınan kazançta ise gelecekte elde edilmesi beklenen kazancın ya hiç gerçekleşmemesi ya da öngörüldüğü şekilde elde edilememesidir (Doğan,2024:145). 6769 sayılı SMK'nın 151'inci maddesinin ikinci fıkrası, yoksun kalınan kazancın hesaplanması için üç yöntem öngörmüştür. Bu yöntemler; mütecavizin rekabeti olmasaydı hak sahibinin elde edebileceği muhtemel gelir, mütecavizin elde ettiği net kazanç ve mütecavizin marka hakkını bir lisans sözleşmesi ile hukuka uygun şekilde kullanmış olması halinde ödemesi gereken lisans bedeli olarak sıralanmıştır (SMK, m. 151/2).

Yoksun kalınan kazancın belirlenmesinde 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunun 151'inci maddesinin ikinci fıkrasında öngörülen yöntemlerden ilki olan mütecavizin rekabeti olmasaydı hak sahibinin elde edebileceği muhtemel gelirin hesaplanması yöntemine göre yapılacak hesaplama, marka hakkı sahibinin ticari kayıtları, ticari defterleri, ticari faaliyetinin hacmi ve hak sahibi olduğu markanın değeri gibi hususlara dayanmaktadır (Bkz.Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, 1 Temmuz 2021 Tarih ve E. 2018/503, K. 2021/897 Sayılı kararı). Bu yöntemin; mal veya hizmet ticaretinde geliri belirleyen tek unsurun marka olmaması sebebiyle, ispat açısından güçlükler barındırdığı belirtilmektedir (Tekinalp, 2004:462).

6769 Sayılı SMK kapsamında yoksu kalınan kazancın hesaplanması için öngörülen ikinci yöntem olan mütecavizin elde ettiği net kazancın hesaplanması yönteminde, birinci yöntemden farklı olarak, mütecavizin malvarlığında markanın haksız kullanımı sonucundaki artış dikkate alınmaktadır (Bkz. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, 18 Nisan 2019 Tarih ve 2017/66 E., 2019/480 K.Sayılı kararı).

Sınai mülkiyet hakkına tecavüzlerde yoksun kalınan kazancın belirlenmesinde 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu kapsamında hüküm altına alınan üçüncü seçimlik yöntem olan "emsal lisans bedeline göre hesaplama" yönteminde somut olaya uygulanmaya müsait emsal bir marka lisans sözleşmesi bedeli dikkate alınmaktadır. İlk iki yöntemin zorlukları nedeniyle ortaya çıkan bu yöntem kullanılarak belirlenecek farazi bir lisans bedelinin yoksun kalınan kazanç kalemi olarak istenmesinin uygulamaya yönelik en uygun yöntem olduğu ifade edilmektedir (Atasoy, 2015:47).

E-Ticaret Özelinde Yoksun Kalınan Kazancın Lisans Bedeli Yöntemine Göre Belirlenmesi

Ticarette dijitalleşmenin hız kazanması, piyasanın mekândan bağımsız bir yapı kazanması, farklı emtia ve hizmetlerin tek bir kanal üzerinden pazarlanabilmesi ve sosyal medyanın ticari amaçlarla da kullanılmaya başlanması gibi gelişmeler, marka hakkı ihlallerinin çeşitlenmesine yol açmış; bu durum aynı zamanda ihlallerin tespitini ve denetimini güçleştirmiştir. Böyle bir tablodan oluşan ticari ortamda, marka hakkının ihlalinden kaynaklanan maddi tazminat kalemlerinden yoksun kalınan kazancın hesaplanmasında emsal lisans bedeli yöntemi, uygulanabilir ve işlevsel bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Uygulamada bu yöntemin kullanılmasında karşılaşılan en önemli sorunun, dava dosyasına emsal bir lisans sözleşmesinin sunulamaması veya mahkemenin somut olaya uygun bir emsal sözleşme bulamaması olduğu söylenebilir (Bkz. Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 2 Temmuz 2024 Tarih ve 2023/3577 E. , 2024/5452 K. Sayılı kararı; Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 18 Aralık 2024 Tarih ve 2024/1165 E., 2024/9164 K. Sayılı kararı; Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 21 Nisan 2025 Tarih ve 2024/4296 E. ,2025/2665 K. Sayılı kararı).

TARTIŞMA VE SONUÇ

E-ticaret ortamında marka hakkına tecavüzden doğan maddi tazminat kalemlerinden yoksun kalınan kazancın tespitinde emsal lisans bedeli yöntemi, diğer yöntemlerin içerdiği güçlükler nedeniyle daha işlevsel bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ancak, emsal lisans sözleşmelerinin dava dosyalarına sunulamaması veya mahkemelerin somut olaya uygun bir emsal sözleşme bulmakta zorlanması, bu yöntemin uygulanabilirliğini sınırlayan önemli bir faktördür. Bu nedenle, marka lisans sözleşmelerinin Ticaret Sicil Müdürlükleri, ilgili odalar ve sanayi-ticaret odaları gibi birimlerde sistematik olarak arşivlenmesi ve erişilebilir hâle getirilmesi, emsal lisans bedeli yönteminin uygulamada daha güvenli ve etkin biçimde kullanılmasını sağlayacaktır.

Bu yaklaşım, hem hak sahiplerinin tazminat haklarının korunmasına hem de marka hakkı ihlallerine karşı etkin bir yargısal denetim mekanizmasının işletilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Atasoy, K. (2015). Marka Hakkında Tecavüzde Yoksun Kalınan Kazancın Hesaplanması. Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C:1 S:1, s. 24-49.

Aydın, F. (2017). Sınai Mülkiyet Kanunu ve Yargıtay Uygulamasında Marka Hukukunda Tazminat, Türkiye Barolar Birliği Dergisi, Yıl:30, Sayı:133, s.517-576.

Doğan, M. (2024). Marka Hakkına Tecavüz Halinde Açılacak Maddi Tazminat Davalarındaki Hesaplama Yöntemleri. Yaımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Karabayır, M.S., Şeker, M. (2021). Haksız Fiil Nedeniyle Meydana Gelen Maddi Zarar ve Çeşitleri, Working Paper Series, 2(1), 37-42.

Karahan, S. Suluk C., Saraç, T, Nal, T. (2007). Firki Mülkiyet Hukukunun Temelleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Kaya, S., Kervankıran E. (2024). Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu Kapsamında Ortaya Çıkan Uyuşmazlıkların Medeni Usul Hukuku Perspektifinden Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C:29, S:50, s. 229–262.

Oytaç, K. (2002). Karşılaştırmalı Markalar Hukuku, Genişletilmiş İkinci Baskı.Ankara: Nobel Yayıncılık.

Tekinalp, Ü. (2004). Fikri Mülkiyet Hukuku. Güncelleştirilmiş ve Genişletilmiş 3.Baskı. İstanbul: Beta Yayın Dağıtım.

Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, 18 Nisan 2019 Tarih ve 2017/66 E., 2019/480 K.Sayılı kararı

Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, 1 Temmuz 2021 Tarih ve E. 2018/503, K. 2021/897 Sayılı kararı.

Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 13 Mart 2024 Tarih ve E. 2022/5653, K. 2024/2049 Sayılı kararı.

Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 13 Mart 2024 Tarih ve E. 2022/5653, K. 2024/2049 Sayılı kararı.

Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 2 Temmuz 2024 Tarih ve 2023/3577 E., 2024/5452 K. Sayılı kararı

Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 18 Aralık 2024 Tarih ve 2024/1165 E., 2024/9164 K. Sayılı kararı

Yargıtay On Birinci Hukuk Dairesi, 21 Nisan 2025 Tarih ve 2024/4296 E. ,2025/2665 K. Sayılı kararı

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TÜRK MİRAS HUKUKU UYGULAMASINDA FERAİZ AHKAMI VE TEVSİ-İ İNTİKAL NIZAMNAMELERİNİN YERİ

Dr. Öğretim Üyesi İlker KARAÖNDER
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Büro Hizmetleri ve Sekreterlik Bölümü
ORCID: 0000-0003-3625-7273

ÖZET
Türk miras hukukunda uygulanacak normun tespitinde murisin ölüm tarihi temel ölçüt olarak kabul edilmektedir. Buna göre, 4 Ekim 1926 tarihinden önce ölen murisler bakımından, emlak niteliğindeki taşınmazlarda Feraiz hükümleri; arazi niteliğindeki taşınmazlarda ise, 6 Mart 1912 tarihine kadarki ölümlerde 17 Muharrem 1284 tarihli İlk Tevsii İntikal Nizamnamesi, 6 Mart 1912–4 Ekim 1926 tarihleri arasındaki ölümlerde 21 Şubat 1328 tarihli İkinci Tevsii İntikal Nizamnamesi uygulanmaktadır. 4 Ekim 1926–23 Kasım 1990 tarihleri arasında ölen murisler bakımından 743 sayılı Türk Kanunu Medenisi; 23 Kasım 1990–1 Ocak 2002 tarihleri arasında ölenlerde 3678 sayılı Kanunla değiştirilen hükümler; 1 Ocak 2002'den sonraki ölümlerde ise 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu hükümleri geçerlidir. Bu çerçevede, uygulamada özellikle terekeye konu taşınmazın hukuki niteliğinin tayini, farklı takvim sistemlerinin yorumlanması, kadastro ve vakıf kayıtlarının dikkate alınması ile daha önce düzenlenmiş mirasçılık belgelerindeki çelişkilerin giderilmesi önemli hukuki meseleler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu hususlar, hem geçmişe ilişkin normların doğru uygulanmasını hem de mirasçıların haklarının korunmasını temin etmek açısından belirleyici niteliktedir. Bu çalışmada, miras hukukunda tarihsel normların uygulanması ve murisin ölüm tarihinin norm seçimine etkisi sistematik biçimde incelenmektedir. Ayrıca, uygulamada karşılaşılan eksik veya hatalı mirasçılık belgeleri, yanlış taşınmaz nitelendirmeleri ve normların hatalı uygulanması gibi sorunlar da ele alınmaktadır. Bu çalışma, murisin ölüm tarihine bağlı olarak Feraiz Ahkamı ve Tevsii İntikal Nizamnamelerinin uygulanışı ile taşınmaz ve mirasçılık belgelerindeki hukuki sorunların sistematik incelenmesi yoluyla, Türk miras hukukunun uygulanmasına katkı sunmayı amaçlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Miras hukuku, Feraiz ahkamı, Tevsi-i İntikal Nizamnameleri

THE PLACE OF THE RULES OF FARAIZ AND THE *TEVSI-I INTIKAL NIZAMNAMELERI* IN THE PRACTICE OF TURKISH INHERITANCE LAW

ABSTRACT
In Turkish inheritance law, the determination of the applicable norm is primarily based on the date of the decedent's death. Accordingly, for decedents who died before 4 October 1926, the Feraiz provisions apply to immovable properties of real estate nature; for immovable properties of land nature, the First Tevsii İntikal Nizamnamesi dated 17 Muharram 1284 applies for deaths until 6 March 1912, and the Second Tevsii İntikal Nizamnamesi dated 21 February 1328 applies for deaths between 6 March 1912 and 4 October 1926. For decedents who died between 4 October 1926 and 23 November 1990, the provisions of the Turkish Civil Code No. 743 apply; for deaths between 23 November 1990 and 1 January 2002, the provisions amended by Law No. 3678 apply; and for deaths after 1 January 2002, the provisions of the Turkish Civil Code No. 4721 are applicable.

Within this framework, determining the legal nature of the immovable property subject to inheritance, interpreting different calendar systems, considering cadastral and waqf records, and resolving inconsistencies in previously issued inheritance documents constitute significant legal issues in practice. These matters are decisive both for the correct application of historical norms and for safeguarding the rights of heirs. This study systematically examines the application of historical norms in inheritance law and the impact of the decedent's date of death on the choice of applicable norms. Moreover, practical issues such as incomplete or erroneous inheritance documents, incorrect classification of immovable properties, and misapplication of norms are also addressed. This study aims to contribute to the practice of Turkish inheritance law by systematically analyzing the application of Feraiz provisions and Tevsii İntikal Nizamnamesi based on the decedent's date of death, as well as the legal issues arising in immovable property and inheritance documents.
Keywords: Inheritance law, Feraiz provisions, Tevsii İntikal Nizamnamesi

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

REFUSALS IN JORDANIAN ARABIC AND CHINESE: A CROSS-CULTURAL PRAGMATIC STUDY OF LANGUAGE AND GENDER

Ghaleb Rabab'ah
University of Sharjah

Sharif Alghazo
University of Sharjah

Dina El-Dakhs
University of Sharjah

Abstract
This study investigates refusal strategies in Jordanian Arabic and Mandarin Chinese from a comparative pragmatic approach. The study also explores gender differences and similarities in refusals and highlights the social and cultural contexts that account for the realization of this speech act. A mixed-method approach was used, utilizing qualitative and quantitative analyses to more thoroughly reveal cross-cultural nuances in the use of refusals. The data were collected using a Written Discourse Completion Task (WDCT) with 128 participants, which consisted of 64 Jordanian Arabic speakers (32 males and 32 females) and 64 Chinese speakers (32 males and 32 females). The analysis of the responses was done using the framework of Beebe et al. (1990), which includes refusal strategies that are direct, indirect, and adjunct to refusals. The results show a strong tendency towards the use of indirect refusal strategies by both language groups, with Chinese speakers employing them far more than Jordanians. All participants from both groups used Direct strategies very little. Both cultural groups showed some gender differences. In Jordanian Arabic, females used wish strategies significantly more than males did, indicating their greater propensity for face and nurturing discourse. In the case of Chinese participants, males produced more adjuncts than females. Jordanian Arabic speakers often used swearing to God and offering prayers along with refusals, which helped reinforce social harmony through religion. On the other hand, Chinese speakers placed more importance on politeness markers such as excuses and regretful statements, showcasing their desire to protect one's image.
Keywords: Refusal Strategies; Cross-Cultural Pragmatics; Politeness Theory; Jordanian Arabic; Mandarin Chinese

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

GAMIFIED TASK-BASED VOCABULARY ACQUISITION FRAMEWORK: IMPACT ON LEARNING AND MOTIVATION AMONG TERTIARY LEARNERS THROUGH MALL

Dr. Venkata Surya Seshagiri Anumula
Sasi Institute of Technology & Engineering
ORCHID: 0000-0001-7983-9068

ABSTRACT

This research examines the effect of gamified, task-based vocabulary learning strategies on lexical acquisition and oral fluency among first-year engineering undergraduates. Over two academic semesters, 335 students across five sections took part in a structured vocabulary intervention that included spelling challenges, idiomatic exercises, root word analysis, synonym and antonym exercises, collocation activities, puzzles, and tongue twisters. These activities were prominently displayed on boards in the corridors, presented as tasks, and also shared via WhatsApp groups to encourage peer collaboration during breaks and facilitate instructor feedback. Periodic assessments, conducted biweekly and monthly, along with incentivised quizzes, aimed to maintain student motivation and engagement. Pre- and post-intervention surveys captured students' perceptions of the vocabulary strategies, while standardised tests measured improvements in lexical knowledge and speaking performance. The results showed a significant increase in vocabulary retention and a decrease in speech hesitation. Additionally, students reported increased engagement, collaborative learning, and motivation. The findings suggest that activity-based, collaborative vocabulary instruction exceeds traditional rote memorisation methods for engineering students, emphasising gamification, peer learning, and multimodal reinforcement techniques. The study ends with recommendations for integrating these strategies into English language programmes to enhance lexical development and oral proficiency.

Keywords: Gamification; Task-Based Learning; Lexical Acquisition; Collaborative learning

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

GRAMMAR LEARNING IN A1 AND A2 ELE TEXTBOOKS: A DESCRIPTIVE AND DIDACTIC STUDY

Prof. Dr. Taoufiq KADRI
Abdelmalek Essaadi University
ORCID: 0009-0005-9435-0566

Abstract
This descriptive study examines the presentation and methodology of grammar learning in Spanish as a Foreign Language (ELE) textbooks designed for A1 and A2 levels according to the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR). Through a systematic analysis of four prominent ELE textbook series, this research investigates how grammatical structures are introduced, practiced, and reinforced across beginner and elementary proficiency levels. The study analyzes the pedagogical approaches employed, the sequencing of grammatical content, and the types of activities used to facilitate grammar acquisition. Findings reveal diverse methodological approaches ranging from explicit deductive instruction to implicit inductive discovery methods, with varying degrees of communicative and form-focused practice. The analysis provides insights into current trends in ELE grammar pedagogy and offers a foundation for understanding how textbook design influences the learning process at these foundational levels.
Keywords: Spanish as Foreign Language, grammar pedagogy, A1-A2 levels, textbook analysis, language learning materials

1. Introduction

The teaching of grammar in Spanish as a Foreign Language (ELE) has undergone significant transformations over the past decades, evolving from traditional grammar-translation methods to more communicative and task-based approaches (Martín Peris et al., 2008). At the A1 and A2 levels of the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR), learners encounter their first systematic exposure to Spanish grammatical structures, making the pedagogical treatment of grammar in textbooks particularly crucial for establishing solid foundations in the language.

The role of textbooks in language learning remains paramount, as they often serve as the primary source of structured input and guided practice for both teachers and students (Tomlinson, 2011). In the context of ELE instruction, textbooks not only present grammatical content but also model pedagogical approaches that shape classroom practice and learner expectations. Understanding how contemporary ELE materials approach grammar instruction at beginner levels provides valuable insights into current pedagogical trends and their potential impact on learning outcomes.

This study aims to provide a comprehensive descriptive analysis of grammar presentation and practice in selected A1 and A2 ELE textbooks. Rather than evaluating the effectiveness of different approaches, this research seeks to document and analyze the various methodologies, sequencing strategies, and activity types employed in these materials. The investigation focuses on how grammatical structures are introduced, the balance between explicit and implicit instruction, the progression from controlled to communicative practice, and the integration of grammar with other language skills.

The significance of this study lies in its potential to inform curriculum designers, textbook authors, and ELE practitioners about current trends in grammar pedagogy at foundational levels.

By providing a systematic analysis of how major textbook series approach grammar instruction, this research contributes to the broader understanding of materials design in second language acquisition and offers a reference point for future pedagogical developments in the field.

2. Literature review

The treatment of grammar in second language pedagogy has been the subject of extensive research and debate within the field of applied linguistics. The tension between form-focused and meaning-focused instruction has shaped approaches to grammar teaching in foreign language contexts, with implications for textbook design and classroom practice (Ellis, 2006).

Research in second language acquisition suggests that both explicit and implicit knowledge play important roles in language development (Ellis, 2009). Explicit knowledge refers to conscious awareness of grammatical rules and their applications, while implicit knowledge involves unconscious linguistic competence that emerges through exposure and use. Contemporary ELE textbooks must navigate this distinction, providing appropriate scaffolding for learners at different stages of acquisition.

The Common European Framework of Reference for Languages has significantly influenced curriculum design and materials development in European language teaching contexts (Little, 2007). The CEFR's descriptive scales for A1 and A2 levels establish clear benchmarks for grammatical competence, defining what learners should be able to understand and produce at these foundational stages. This framework has led to increased standardization in textbook content and progression, while also encouraging communicative approaches to language instruction.

Studies examining grammar presentation in language textbooks have identified various organizational patterns and pedagogical strategies (Hinkel & Fotos, 2002). These include the sequencing of grammatical structures, the balance between inductive and deductive presentation methods, the types of practice activities provided, and the integration of grammar with communicative tasks. Research suggests that effective grammar instruction requires careful attention to cognitive load, meaningful contextualization, and opportunities for both controlled and free production.

The Spanish language presents particular challenges for beginning learners, including complex verbal morphology, gender and number agreement systems, and flexible word order patterns (Butt & Benjamin, 2011). These linguistic features require careful pedagogical treatment to ensure gradual and systematic acquisition. Contemporary ELE textbooks must address these challenges while maintaining learner motivation and providing accessible entry points into the language system.

Recent trends in ELE pedagogy emphasize the importance of meaningful communication, cultural integration, and learner autonomy (Instituto Cervantes, 2019). These developments have influenced textbook design, leading to increased emphasis on task-based learning, authentic materials, and learner reflection. However, the role of explicit grammar instruction remains a topic of ongoing discussion among practitioners and researchers in the field.

3. Methodology

3.1 Corpus definition

This study analyzes grammar presentation and practice in four widely-used ELE textbook series designed for A1 and A2 levels according to the CEFR. The selected corpus comprises:

1. **Nuevo Prisma A1** and **Nuevo Prisma A2** (Editorial Edinumen, 2017)

2. **Aula Internacional Plus A1** and **Aula Internacional Plus A2** (Editorial Difusión, 2020)
3. **Espacio Joven A1** and **Espacio Joven A2** (Editorial Edinumen, 2018)
4. **Método de Español A1** and **Método de Español A2** (Editorial Anaya, 2019)

These textbooks were selected based on their widespread adoption in ELE programs internationally, their explicit alignment with CEFR descriptors, and their representation of different pedagogical approaches within contemporary Spanish language teaching. Each series includes student books, workbooks, and teacher's guides, though this analysis focuses primarily on the student book materials.

3.2 Analysis framework

The analysis examines grammar presentation and practice across several dimensions:

1. **Presentation methods**: How grammatical structures are introduced (inductive vs. deductive approaches, explicit vs. implicit presentation)
2. **Sequencing and progression**: The order in which grammatical content is presented and the criteria governing this sequence
3. **Practice types**: The variety and nature of activities used to reinforce grammatical learning
4. **Contextualization**: How grammar is embedded within meaningful communicative contexts
5. **Integration**: The relationship between grammar instruction and other language skills (reading, writing, listening, speaking)

3.3 Data collection and analysis

Data collection involved systematic examination of each textbook unit, identifying all grammar-focused sections, activities, and explanations. Specific attention was paid to the first introduction of major grammatical structures and their subsequent reinforcement throughout the materials. Representative excerpts were selected to illustrate different pedagogical approaches and treatment of key grammatical concepts.

The analysis adopts a descriptive approach, documenting observable features of grammar presentation without evaluating their effectiveness or appropriateness. Commentary focuses on identifying pedagogical strategies, analyzing their theoretical foundations, and noting patterns across different textbook series.

4. Results and analysis

4.1 Grammar presentation methods

The analysis of the corpus reveals significant variation in how textbooks introduce grammatical structures to A1 and A2 learners. These differences reflect distinct pedagogical philosophies and assumptions about optimal learning conditions for beginning Spanish students.

4.1.1 Inductive approaches

Several textbooks in the corpus employ inductive methods that encourage learners to discover grammatical patterns through exposure and guided analysis. This approach is particularly evident in *Aula Internacional Plus A1* when introducing the present tense of regular verbs:

"Observa estos diálogos. ¿Puedes identificar las terminaciones de los verbos regulares en -ar, -er, -ir?" (Corpas et al., 2020, p. 34)

This excerpt demonstrates a discovery-oriented approach where learners are presented with authentic dialogues containing multiple examples of regular verb conjugations before being asked to identify patterns. The pedagogical strategy here reflects social constructivist principles, positioning learners as active participants in the rule-formation process. The inductive method allows students to engage with meaningful input while developing metalinguistic awareness through pattern recognition.

The grammatical content in this example focuses on the fundamental distinction between the three Spanish verb classes and their corresponding present tense endings. From a didactic perspective, this approach capitalizes on learners' natural pattern-recognition abilities while providing scaffolded support through guided questions. The use of authentic dialogues contextualizes the grammatical structures within communicative situations, demonstrating their functional value rather than presenting them as isolated linguistic forms.

Espacio Joven A1 similarly employs inductive strategies when introducing gender and number agreement:

"Lee estos textos sobre las profesiones. Fíjate en las palabras que terminan en -o/-a y -os/-as. ¿Qué reglas puedes formular?" (Gente et al., 2018, p. 42)

This excerpt illustrates how inductive presentation can address one of Spanish's most challenging features for beginning learners: the agreement system. By presenting multiple examples within the thematic context of professions, the textbook allows learners to observe patterns naturally before formulating explicit rules. The didactic value of this approach lies in its potential to develop implicit knowledge alongside explicit understanding, as learners process numerous instances of agreement patterns before consciously articulating the underlying rules.

4.1.2 Deductive approaches

In contrast to inductive methods, several textbooks in the corpus favor deductive presentation, providing explicit grammatical explanations before practice activities. *Nuevo Prisma A1* exemplifies this approach in its treatment of definite articles:

"Los artículos definidos en español son: el (masculino singular), la (femenino singular), los (masculino plural), las (femenino plural). Ejemplo: el libro, la mesa, los libros, las mesas" (Equipo Prisma, 2017, p. 28)

This excerpt demonstrates a traditional deductive approach that prioritizes clarity and systematic presentation. The grammatical explanation is complete and unambiguous, providing learners with explicit rules they can immediately apply. From a pedagogical standpoint, this method offers cognitive clarity and reduces potential confusion, particularly beneficial for learners who prefer structured, rule-based learning environments.

The didactic implications of this approach include efficient transmission of grammatical information and clear reference points for learners. However, the method also assumes that explicit knowledge can readily transfer to communicative use, a relationship that research suggests is more complex than traditional pedagogy might assume (Ellis, 2009).

Método de Español A1 employs similar deductive strategies when introducing the verb "ser":

"El verbo SER se usa para: identificar personas y cosas (Soy María), expresar nacionalidad (Es español), indicar profesión (Eres médico)" (Cerrolaza et al., 2019, p. 51)

This example illustrates how deductive presentation can organize complex grammatical information into manageable categories. The explicit listing of functions provides learners with clear guidelines for appropriate usage, supporting accurate production from early stages of learning.

The pedagogical rationale emphasizes cognitive organization and systematic skill building, reflecting assumptions about the value of conscious rule application in language development.

4.2 Sequencing and progression patterns

The corpus analysis reveals distinct patterns in how textbooks sequence grammatical content across A1 and A2 levels. These patterns reflect different theoretical assumptions about optimal learning progressions and the relationship between grammatical complexity and communicative needs.

4.2.1 Frequency-based sequencing

Many textbooks prioritize high-frequency structures that enable immediate communicative function. *Aula Internacional Plus A1* begins with present tense forms and basic sentence patterns:

"En la primera unidad trabajamos con: estar + ubicación (Estoy en Madrid), tener + edad (Tengo 25 años), ser + nacionalidad (Soy española)" (Corpas et al., 2020, p. 12)

This sequencing strategy reflects a communicative orientation that prioritizes functional language use over structural complexity. The selection of these particular structures enables learners to engage in basic social interactions from the initial stages of learning. From a didactic perspective, this approach recognizes that motivation and engagement are crucial factors in successful language acquisition, particularly at beginning levels where learners may feel overwhelmed by linguistic complexity.

The grammatical progression in this example demonstrates careful attention to communicative needs while introducing fundamental Spanish structures. The choice to focus on high-utility verbs (estar, tener, ser) provides learners with versatile tools for self-expression while establishing important structural foundations that will support future learning.

4.2.2 Complexity-based sequencing

Alternative sequencing approaches prioritize structural complexity, introducing simpler forms before more challenging constructions. *Nuevo Prisma A2* demonstrates this strategy in its treatment of past tenses:

"Después del presente, introducimos el pretérito perfecto (he comido) antes que el pretérito indefinido (comí) porque su formación es más regular" (Equipo Prisma, 2017, p. 156)

This excerpt illustrates a pedagogical decision based on morphological complexity rather than frequency or communicative utility. The pretérito perfecto, despite being less frequent in many Spanish dialects, is introduced first due to its regular formation pattern (auxiliary verb + past participle). This sequencing reflects a structural approach that seeks to minimize cognitive load by presenting more predictable patterns before irregular ones.

From a didactic standpoint, this progression acknowledges the challenges that morphological complexity poses for beginning learners. By introducing more regular structures first, the textbook aims to build learner confidence and establish successful learning experiences before tackling more challenging forms. However, this approach may delay access to highly frequent and communicatively important structures.

4.3 Practice activity types

The corpus reveals diverse approaches to grammar practice, ranging from controlled exercises to communicative tasks. These different activity types reflect varying assumptions about how grammatical knowledge develops and transfers to spontaneous use.

4.3.1 Controlled practice activities

Controlled exercises remain prominent across all textbooks in the corpus, providing focused practice on specific grammatical forms. *Espacio Joven A1* includes systematic practice of verb conjugations:

"Completa las frases con la forma correcta del verbo: 1. Mi hermana _____ (estudiar) medicina. 2. Nosotros _____ (vivir) en Barcelona. 3. ¿Vosotros _____ (trabajar) aquí?" (Gente et al., 2018, p. 67)

This activity type represents a focus-on-forms approach that isolates specific grammatical features for intensive practice. The pedagogical rationale emphasizes accuracy development and procedural skill building, providing learners with opportunities to automatize morphological processes through repetition. From a didactic perspective, these exercises serve important functions in developing explicit knowledge and building confidence in form manipulation.

The grammatical focus in this example addresses the challenging Spanish verbal morphology system, which requires mastery of multiple conjugation patterns. The systematic practice allows learners to develop fluency in form production while receiving immediate feedback on accuracy. The exercise design supports pattern recognition and memory consolidation through focused repetition.

Método de Español A2 employs similar controlled practice for complex structures like the subjunctive:

"Transforma las frases usando el presente de subjuntivo: Es importante que los estudiantes (estudiar) _____ mucho. Es necesario que tú (llegar) _____ temprano" (Cerrolaza et al., 2019, p. 189)

This example demonstrates how controlled practice can address more complex grammatical phenomena at the A2 level. The exercise focuses on the relationship between main clause expressions and subjunctive usage, a particularly challenging aspect of Spanish grammar for foreign learners. The activity design provides clear linguistic contexts that trigger subjunctive use while allowing focused practice on the morphological forms.

4.3.2 Guided practice activities

Between controlled exercises and free production, many textbooks include guided practice activities that provide structure while encouraging more creative language use. *Aula Internacional Plus A2* illustrates this approach in activities addressing direct and indirect object pronouns:

"En parejas, preguntad y responded sobre vuestros hábitos: ¿Le mandas mensajes a tu mejor amigo todos los días? ¿Los profesores os dan mucha tarea? ¿Tus padres te llaman por teléfono a menudo?" (Corpas et al., 2020, p. 78)

This activity type demonstrates a focus-on-form approach that embeds grammatical practice within meaningful communicative exchanges. The pedagogical strategy encourages learners to use target structures while engaging in personally relevant discussions, promoting both accuracy and fluency development. The guided nature of the activity provides scaffolding through suggested question formats while allowing for individual variation in responses.

From a grammatical perspective, this exercise addresses the complex Spanish pronoun system, which requires understanding of case distinctions, position rules, and agreement patterns. The activity design recognizes that pronoun usage is particularly challenging because it involves both morphological knowledge and discourse-level understanding of reference relationships.

4.4 Contextualization strategies

The corpus demonstrates various approaches to embedding grammatical instruction within meaningful contexts, reflecting different perspectives on the relationship between form and meaning in language learning.

4.4.1 Thematic integration

Many textbooks integrate grammar instruction within thematic units that provide rich contexts for language use. *Nuevo Prisma A1* demonstrates this approach in its treatment of descriptive adjectives:

"En la unidad sobre la familia, practicamos los adjetivos descriptivos: Mi padre es alto y moreno. Mi madre es baja y rubia. Mis hermanos son simpáticos y divertidos" (Equipo Prisma, 2017, p. 45)

This contextualization strategy embeds grammatical practice within a thematically coherent framework that provides natural contexts for adjective use. The pedagogical approach recognizes that grammar learning is enhanced when structures are encountered within meaningful communicative situations rather than isolated exercises. The thematic integration supports vocabulary development while providing relevant contexts for grammatical practice.

The grammatical focus addresses adjective agreement patterns, a fundamental aspect of Spanish morphosyntax. By presenting these structures within family descriptions, the textbook demonstrates their communicative function while providing natural contexts for practice. The didactic value lies in showing learners how grammatical structures serve real communicative purposes.

4.4.2 Functional contextualization

Alternative approaches emphasize the functional aspects of grammatical structures, presenting them within specific communicative situations. *Espacio Joven A2* illustrates this strategy when introducing conditional structures:

"Para hacer sugerencias usamos: ¿Por qué no vienes a mi casa? Podrías estudiar conmigo. Deberías hablar con el profesor" (Gente et al., 2018, p. 134)

This approach prioritizes the communicative functions that grammatical structures serve, presenting forms within the context of specific speech acts. The pedagogical rationale emphasizes the relationship between linguistic forms and communicative intentions, supporting learners' understanding of when and why to use particular structures. This functional orientation aligns with communicative language teaching principles that emphasize meaning-making over formal accuracy.

The grammatical content addresses modal expressions and their role in social interaction, particularly the complex area of politeness and suggestion-making in Spanish. The functional presentation helps learners understand not only how to form these structures but also their appropriate social usage, contributing to pragmatic competence alongside grammatical knowledge.

4.5 Skill integration approaches

Contemporary ELE textbooks demonstrate various strategies for integrating grammar instruction with the development of other language skills, reflecting holistic approaches to language learning.

4.5.1 Reading-grammar integration

Several textbooks link grammar instruction to reading comprehension activities, using texts as sources of grammatical input and practice opportunities. *Aula Internacional Plus A1* demonstrates this integration:

"Lee el texto sobre las vacaciones de Carmen. Subraya todos los verbos en pretérito perfecto. Después, completa las reglas de uso" (Corpas et al., 2020, p. 89)

This approach treats reading texts as rich sources of grammatical input while providing focused attention to specific structures. The pedagogical strategy combines meaning-focused reading with form-focused grammatical analysis, supporting both comprehension skills and explicit grammatical knowledge. The integration recognizes that grammar and reading skills can mutually reinforce each other when appropriately coordinated.

The grammatical focus on the pretérito perfecto within a reading context demonstrates how past tense usage can be explored through authentic or semi-authentic texts. The activity design encourages learners to notice patterns while engaging with meaningful content, supporting both implicit and explicit learning processes.

4.5.2 Writing-grammar integration

Writing activities provide natural contexts for grammar practice while developing productive skills. *Método de Español A2* illustrates this integration:

"Escribe un email a un amigo contando tus planes para el fin de semana. Usa el futuro próximo (voy a + infinitivo) y marcadores temporales" (Cerrolaza et al., 2019, p. 112)

This activity type demonstrates how grammar instruction can be embedded within authentic writing tasks that serve real communicative purposes. The pedagogical approach encourages learners to use target structures while engaging in meaningful written production, supporting the development of both grammatical accuracy and writing fluency.

The grammatical focus on future expressions addresses a fundamental communicative need while providing practice with temporal reference systems. The integration of grammar with writing skills recognizes that productive use is essential for consolidating grammatical knowledge and developing communicative competence.

4.6 Metalinguistic awareness development

The textbooks in the corpus demonstrate varying approaches to developing learners' metalinguistic awareness and reflective capabilities regarding grammatical structures.

4.6.1 Explicit rule formulation

Some materials encourage learners to formulate explicit grammatical rules based on observed patterns. *Espacio Joven A1* exemplifies this approach:

"Después de observar los ejemplos, completa la regla: Los adjetivos que terminan en -o cambian a _____ en femenino. Los adjetivos que terminan en -e _____ cambian en femenino" (Gente et al., 2018, p. 58)

This strategy promotes active learner engagement in rule discovery while supporting the development of explicit grammatical knowledge. The pedagogical approach assumes that conscious understanding of grammatical patterns enhances learning and retention. The activity design scaffolds the rule-formation process while encouraging learner reflection on linguistic patterns.

The grammatical content addresses the Spanish adjective agreement system, a complex area that requires understanding of gender distinctions and morphological variation.

The explicit rule formulation helps learners organize this information systematically while developing analytical skills that can transfer to other grammatical areas.

4.6.2 Contrastive analysis

Several textbooks include activities that encourage learners to compare Spanish structures with their native languages or previously learned languages. *Nuevo Prisma A2* demonstrates this approach:

"Compara el uso del subjuntivo en español con tu lengua materna. ¿Existen formas similares? ¿Cuándo se usan?" (Equipo Prisma, 2017, p. 167)

This pedagogical strategy acknowledges the role of cross-linguistic influence in second language acquisition while promoting metalinguistic awareness. The approach encourages learners to draw on their existing linguistic knowledge while identifying areas of similarity and difference. From a didactic perspective, contrastive analysis can enhance understanding by making implicit knowledge explicit and highlighting potential areas of difficulty.

The focus on subjunctive usage represents one of the most challenging aspects of Spanish grammar for many foreign learners. The contrastive approach may help learners understand why this structure appears difficult and how it relates to expressions of emotion, doubt, and volition across languages.

4.7 Error treatment and feedback

The corpus reveals different approaches to addressing learner errors and providing corrective feedback within grammar-focused activities.

4.7.1 Self-correction mechanisms

Many textbooks include self-correction opportunities that encourage learner autonomy in error identification and correction. *Aula Internacional Plus A2* provides this type of support:

"Revisa tu texto. ¿Has usado correctamente ser y estar? Consulta la tabla de la página 156 si tienes dudas" (Corpas et al., 2020, p. 145)

This approach promotes learner autonomy while providing systematic support for self-monitoring and correction. The pedagogical strategy assumes that developing self-correction abilities is crucial for long-term language development. The reference to supporting materials (grammar tables) provides scaffolding for independent problem-solving.

The grammatical focus on ser/estar distinction addresses one of the most persistent challenges for Spanish learners. The self-correction mechanism acknowledges that this distinction requires ongoing attention and provides tools for learners to develop independent monitoring abilities.

4.7.2 Peer correction activities

Some materials encourage collaborative error correction through peer interaction. *Espacio Joven A2* includes such activities:

"Intercambia tu texto con un compañero. Revisad juntos el uso de los tiempos del pasado. ¿Podéis ayudaros mutuamente a mejorar?" (Gente et al., 2018, p. 178)

This collaborative approach to error treatment reflects social constructivist principles while providing multiple perspectives on grammatical accuracy. The pedagogical strategy encourages learners to articulate their understanding of grammatical rules while receiving feedback from peers. The approach may enhance learning through verbalization and negotiation of meaning.

The focus on past tense usage addresses complex temporal and aspectual distinctions in Spanish. The collaborative correction process allows learners to pool their knowledge while developing critical thinking skills about grammatical appropriateness.

4.8 Cultural and pragmatic integration

The analysis reveals varying degrees of attention to cultural and pragmatic aspects of grammar usage within the corpus materials.

4.8.1 Register awareness

Several textbooks address register variation in grammatical usage, particularly relevant for Spanish with its complex system of formal and informal address. *Método de Español A1* introduces this concept early:

"En español usamos 'tú' con amigos y familia, 'usted' con personas mayores o en situaciones formales. Compara: ¿Cómo te llamas? / ¿Cómo se llama usted?" (Cerrolaza et al., 2019, p. 23)

This approach recognizes that grammatical choices often reflect social relationships and cultural norms. The pedagogical strategy introduces sociolinguistic competence alongside grammatical knowledge, supporting learners' development of appropriate language use in different contexts. The didactic value lies in helping learners understand that grammar choices carry social meaning beyond their purely linguistic functions.

The focus on formal/informal distinction addresses a fundamental aspect of Spanish social interaction that has clear grammatical manifestations. The early introduction of this concept establishes important foundations for appropriate social communication in Spanish-speaking contexts.

4.8.2 Dialectal variation

Some materials acknowledge dialectal variation in grammatical usage, particularly relevant given Spanish's global distribution. *Nuevo Prisma A2* includes limited treatment of this aspect:

"En algunos países de América Latina se usa 'vos' en lugar de 'tú'. Ejemplo: Vos tenés, vos sabés" (Equipo Prisma, 2017, p. 201)

This acknowledgment of dialectal variation serves important pedagogical functions by preparing learners for linguistic diversity they may encounter. The approach recognizes that Spanish is not a monolithic system and that grammatical variations exist across different regions and communities. From a didactic perspective, this awareness-raising contributes to learners' understanding of language as a dynamic, variable system.

The grammatical content addresses morphological variation in second-person singular forms, an area where dialectal differences are particularly salient. The inclusion of this information, even at elementary levels, demonstrates attention to the reality of linguistic variation that learners may encounter in authentic contexts.

5. Discussion

The analysis of grammar presentation and practice in A1 and A2 ELE textbooks reveals a complex landscape of pedagogical approaches that reflect ongoing debates within second language acquisition theory and practice. The diversity of methods observed across the corpus suggests that textbook authors are drawing on multiple theoretical frameworks while attempting to address the varied needs of beginning Spanish learners.

The coexistence of inductive and deductive presentation methods within the corpus reflects different assumptions about optimal learning conditions and the role of explicit knowledge in language acquisition. Inductive approaches, as exemplified in several excerpts from *Aula Internacional Plus* and *Espacio Joven*, position learners as active discoverers of grammatical patterns, aligning with constructivist learning theories that emphasize learner agency and meaningful engagement with linguistic input. These methods may particularly benefit learners who prefer exploratory learning styles and who thrive in environments that encourage hypothesis formation and testing.

Conversely, the deductive approaches evident in *Nuevo Prisma* and *Método de Español* prioritize cognitive clarity and systematic rule presentation, reflecting more traditional pedagogical assumptions about the value of explicit instruction. These methods may serve learners who prefer structured, predictable learning environments and who benefit from clear conceptual frameworks before engaging in practice activities. The persistence of deductive methods in contemporary materials suggests their continued perceived value despite shifts toward more communicative approaches in language pedagogy.

The sequencing patterns observed across the corpus reveal different prioritization strategies that balance communicative needs against structural complexity. Frequency-based sequencing, as demonstrated in several examples, reflects the influence of communicative language teaching approaches that emphasize immediate functional utility. This strategy recognizes that learner motivation and engagement are crucial factors in successful acquisition, particularly at beginning levels where students may feel overwhelmed by linguistic complexity.

Complexity-based sequencing, alternatively, demonstrates attention to cognitive load considerations and the potential benefits of presenting more predictable patterns before irregular ones. This approach acknowledges that morphological complexity poses significant challenges for beginning learners and that careful progression may facilitate more successful learning experiences.

The variety of practice activity types identified in the corpus reflects the field's recognition that different activity types serve different pedagogical functions in grammar learning. Controlled exercises continue to play important roles in developing accuracy and automaticity, despite criticism from communicative language teaching proponents. The persistence of these activity types suggests their perceived value in providing focused practice opportunities and building learner confidence.

Guided practice activities represent attempts to bridge the gap between controlled exercises and free communication, providing structure while encouraging more creative language use. These activities acknowledge the importance of scaffolded progression from highly controlled to increasingly autonomous production, supporting learners' gradual development of productive capabilities.

The integration of grammar instruction with other language skills, as observed across multiple textbooks in the corpus, reflects holistic approaches to language learning that recognize the interconnected nature of linguistic competencies. Reading-grammar integration provides opportunities for learners to encounter grammatical structures in authentic contexts while developing comprehension skills. Writing-grammar integration creates natural contexts for productive practice while addressing the needs of learners who benefit from written output opportunities.

The attention to cultural and pragmatic aspects of grammar usage, though variable across the corpus, demonstrates growing recognition that grammatical competence must encompass sociolinguistic awareness.

The inclusion of register considerations and dialectal variation, even at elementary levels, prepares learners for the linguistic diversity they will encounter in authentic Spanish-language contexts.

The error treatment approaches observed in the corpus reflect different assumptions about the role of correction in language learning. Self-correction mechanisms promote learner autonomy while providing systematic support for independent monitoring and revision. Peer correction activities leverage collaborative learning principles while providing multiple perspectives on grammatical accuracy and appropriateness.

6. Pedagogical implications

The findings of this descriptive analysis carry several implications for ELE practitioners, curriculum designers, and textbook authors working with A1 and A2 level materials. The diversity of approaches observed across the corpus suggests that effective grammar instruction may require flexibility and adaptation to specific learning contexts rather than adherence to a single pedagogical model.

The coexistence of inductive and deductive presentation methods within successful textbook series indicates that both approaches may serve valuable functions in grammar learning. Practitioners might consider learner preferences, cultural backgrounds, and previous learning experiences when selecting presentation methods for specific grammatical structures. The evidence suggests that methodological variety may better serve diverse learner populations than rigid adherence to a single approach.

The sequencing patterns identified in the analysis highlight the importance of careful progression planning that balances communicative needs with cognitive considerations. The tension between frequency-based and complexity-based sequencing suggests that optimal progression may require attention to both factors, possibly through spiral curricula that revisit structures at increasing levels of complexity and communicative sophistication.

The activity type analysis reveals the continued importance of providing learners with opportunities for both controlled and communicative practice. The evidence suggests that effective grammar instruction may require systematic progression from focused practice to integrated use, with careful attention to scaffolding and support at each stage. The integration of grammar with other language skills appears to be a consistent feature across successful materials, suggesting its importance for holistic language development.

The attention to cultural and pragmatic aspects of grammar usage, though limited in some materials, appears to be an important consideration for preparing learners for authentic communication. The inclusion of register awareness and dialectal variation, even at elementary levels, may contribute to learners' long-term success in diverse Spanish-language contexts.

7. Textbook-specific observations

Each textbook series in the corpus demonstrates distinct characteristics in its approach to grammar instruction, reflecting different editorial philosophies and target audience considerations.

Nuevo Prisma exhibits a systematic, structured approach that prioritizes clarity and explicit instruction. The series demonstrates consistent use of deductive presentation methods and comprehensive grammatical explanations. The materials show particular strength in providing clear reference resources and systematic practice progressions. The approach appears designed to support learners who benefit from explicit instruction and systematic skill building.

Aula Internacional Plus demonstrates strong integration of communicative and grammatical instruction, with consistent attention to meaningful contexts and authentic communication. The series shows innovative use of inductive methods and task-based activities that embed grammar within communicative situations. The materials appear designed to support learners who prefer discovery-oriented learning and meaningful engagement with linguistic input.

Espacio Joven exhibits particular attention to learner age and interests, with grammar instruction embedded within age-appropriate contexts and activities. The series demonstrates effective use of collaborative learning strategies and peer interaction in grammar development. The materials show sensitivity to motivational factors and learner engagement in grammar learning processes.

Método de Español demonstrates comprehensive coverage of grammatical structures with systematic attention to both form and function. The series shows effective integration of cultural content with grammatical instruction, providing rich contexts for structure usage. The materials appear designed to support comprehensive skill development while maintaining systematic grammatical progression.

8. Challenges and considerations

The analysis reveals several challenges inherent in designing effective grammar instruction for A1 and A2 level Spanish learners. These challenges reflect the complex nature of Spanish grammar and the diverse needs of beginning language learners in different educational contexts.

8.1 Morphological complexity

Spanish verbal morphology presents particular challenges for textbook designers, as the language exhibits extensive inflectional variation that must be introduced systematically without overwhelming beginning learners. The corpus analysis reveals different strategies for managing this complexity, ranging from gradual introduction of person/number distinctions to early presentation of full paradigms.

Nuevo Prisma A1 demonstrates a gradual approach to verbal morphology:

"Primera semana: yo trabajo, tú trabajas. Segunda semana: él/ella trabaja, nosotros trabajamos. Tercera semana: vosotros trabajáis, ellos/ellas trabajan" (Equipo Prisma, 2017, p. 72)

This sequencing strategy attempts to manage cognitive load by introducing verbal endings incrementally. The pedagogical rationale assumes that gradual presentation facilitates better retention and reduces learner anxiety. However, this approach may also fragment the verbal system, potentially hindering learners' development of holistic understanding of paradigmatic relationships.

8.2 Cultural and regional variation

The global distribution of Spanish creates challenges for textbook designers who must decide how to address dialectal and regional variations in grammatical usage. This consideration is particularly relevant for A1 and A2 materials that establish foundational understandings of the language system.

Aula Internacional Plus A2 addresses this challenge through selective inclusion of variation:

"En España usamos vosotros: ¿Venís a la fiesta? En América Latina usan ustedes: ¿Vienen a la fiesta?" (Corpas et al., 2020, p. 187)

This approach acknowledges major dialectal differences while providing learners with awareness of variation without overwhelming them with excessive detail.

The pedagogical strategy balances linguistic accuracy with practical considerations about what beginning learners can effectively process and utilize.

8.3 Balance between accuracy and fluency

The corpus reveals ongoing tension between developing grammatical accuracy and promoting communicative fluency, particularly evident in activity design and error treatment approaches. Different textbooks demonstrate varying solutions to this fundamental pedagogical challenge.

Espacio Joven A2 attempts to balance these concerns through integrated activities:

"Cuenta tu experiencia viajando. Usa el pretérito indefinido y el imperfecto. No te preocupes por los errores, concentráte en comunicar tus ideas" (Gente et al., 2018, p. 165)

This approach encourages communicative risk-taking while maintaining attention to specific grammatical structures. The pedagogical strategy attempts to reduce anxiety about accuracy while providing focused practice opportunities. The balance reflects contemporary understanding about the importance of both accuracy and fluency in successful language development.

9. Comparative analysis across textbook series

9.1 Methodological orientations

The four textbook series demonstrate distinct methodological orientations that influence their treatment of grammatical instruction. These differences reflect varying assumptions about optimal learning conditions and the role of explicit instruction in language acquisition.

Nuevo Prisma consistently demonstrates a form-focused orientation with emphasis on explicit rule learning and systematic practice. The series shows preference for deductive presentation methods and comprehensive grammatical explanations. This orientation appears designed to support learners who benefit from clear structural understanding and systematic skill building.

Aula Internacional Plus exhibits a more meaning-focused orientation with consistent integration of grammar within communicative contexts. The series demonstrates innovative use of task-based activities and authentic materials for grammatical practice. This approach appears designed to support learners who prefer meaningful engagement and discovery-oriented learning.

Espacio Joven shows particular attention to learner engagement and motivational factors, with grammar instruction embedded within age-appropriate and interest-driven contexts. The series demonstrates effective use of collaborative activities and peer learning in grammar development.

Método de Español exhibits a comprehensive orientation that attempts to balance systematic grammatical coverage with communicative practice. The series shows attention to both accuracy and fluency development through varied activity types and integrated skills practice.

9.2 Treatment of complex grammatical structures

The corpus analysis reveals significant variation in how textbooks approach particularly challenging aspects of Spanish grammar, such as subjunctive usage, past tense distinctions, and pronoun systems.

9.2.1 Subjunctive introduction

The treatment of subjunctive structures at A2 level demonstrates different pedagogical strategies for managing grammatical complexity:

Nuevo Prisma A2 employs a systematic, rule-based approach:

"El presente de subjuntivo se usa después de expresiones de: emoción (me alegra que...), duda (no creo que...), valoración (es importante que...)" (Equipo Prisma, 2017, p. 178)
This approach provides explicit categorization of subjunctive triggers, supporting learners' development of conscious rule application. The method assumes that understanding functional categories facilitates appropriate usage in production.
Aula Internacional Plus A2 favors a more contextual approach:
"Imagina que organizas una fiesta. ¿Qué esperas que hagan tus amigos? Usa: Espero que vengan temprano, Quiero que traigan música" (Corpas et al., 2020, p. 156)
This method embeds subjunctive practice within meaningful communicative situations, encouraging natural usage development through meaningful practice. The approach assumes that contextual learning facilitates better retention and transfer to spontaneous communication.

9.2.2 Past tense distinctions

The treatment of past tense systems reveals different strategies for managing the complex temporal and aspectual distinctions in Spanish:
Espacio Joven A2 introduces past tenses through narrative contexts:
"Lee esta historia de viaje. Observa: 'Ayer fui a Toledo' (acción terminada) vs. 'Cuando era pequeño, viajaba mucho' (acción habitual)" (Gente et al., 2018, p. 142)
This approach uses authentic or semi-authentic narratives to demonstrate aspectual distinctions, allowing learners to observe patterns in meaningful contexts before formulating explicit rules. The strategy emphasizes the functional differences between past tense forms rather than their morphological features.
Método de Español A2 employs a more systematic contrastive approach:
"Pretérito indefinido: acciones terminadas en el pasado (ayer, el año pasado). Pretérito imperfecto: descripciones y acciones habituales (todos los días, siempre)" (Cerrolaza et al., 2019, p. 167)
This method provides explicit temporal and aspectual categories with clear linguistic markers, supporting learners' conscious understanding of usage patterns. The approach assumes that systematic categorization facilitates accurate production and appropriate temporal reference.

10. Technological integration and multimedia resources

While this analysis focuses primarily on printed materials, several textbooks in the corpus demonstrate integration with digital resources that supplement grammatical instruction.

10.1 Interactive grammar practice

Aula Internacional Plus includes references to online interactive activities:
"Practica más con los ejercicios interactivos del Campus Virtual. Actividad 3.2: Conjugación de verbos irregulares" (Corpas et al., 2020, p. 98)
This integration recognizes the potential benefits of technology-enhanced practice while maintaining the textbook as the primary instructional resource. The approach acknowledges that different learners may benefit from different practice modalities and that technology can provide immediate feedback and unlimited practice opportunities.

10.2 Audio-visual support

Several textbooks incorporate audio and visual elements to support grammar learning:
Espacio Joven A1 includes listening activities that focus on grammatical structures:

"Escucha la conversación. ¿Cuántas veces oyes el verbo 'estar'? ¿En qué contextos se usa?" (Gente et al., 2018, p. 76)
This approach recognizes the importance of auditory input in developing grammatical competence while providing focused listening practice. The integration of grammar with listening skills acknowledges that spoken language provides important models for grammatical usage and that learners need exposure to natural speech patterns.

11. Assessment and evaluation considerations

The corpus analysis reveals different approaches to assessing grammatical knowledge and monitoring learner progress at A1 and A2 levels.

11.1 Formative assessment strategies

Many textbooks include ongoing assessment opportunities that allow learners to monitor their grammatical development:
Método de Español A1 provides regular self-assessment tools:
"¿Puedes hacer estas cosas en español? Marca sí o no: Conjugar verbos regulares en presente, Usar ser y estar correctamente, Formar plurales de sustantivos" (Cerrolaza et al., 2019, p. 89)
This approach promotes learner autonomy while providing systematic opportunities for self-monitoring. The strategy acknowledges that learning is enhanced when students can track their own progress and identify areas needing additional attention.

11.2 Integrated assessment

Some materials demonstrate integration of grammatical assessment within broader communicative tasks:
Aula Internacional Plus A2 includes portfolio-style activities:
"Prepara una presentación sobre tu ciudad natal. Incluye: descripciones (imperfecto), eventos históricos (pretérito indefinido), opiniones personales (presente)" (Corpas et al., 2020, p. 198)
This approach assesses grammatical knowledge within authentic communicative contexts, providing more valid measures of learners' ability to use structures appropriately in meaningful communication. The strategy reflects understanding that grammatical competence must ultimately serve communicative purposes.

12. Conclusion

This descriptive analysis of grammar learning in A1 and A2 ELE textbooks reveals a rich and diverse landscape of pedagogical approaches that reflect the complexity of teaching Spanish grammatical structures to beginning learners. The four textbook series examined demonstrate varying methodological orientations, sequencing strategies, and activity types, suggesting that effective grammar instruction may require flexibility and adaptation to specific learning contexts rather than adherence to a single pedagogical model.
The coexistence of inductive and deductive presentation methods across the corpus indicates that both approaches continue to serve important functions in contemporary ELE materials. While inductive methods may promote deeper conceptual understanding and learner autonomy, deductive approaches provide clarity and systematic coverage that many learners find supportive. The evidence suggests that methodological variety may better serve diverse learner populations than exclusive reliance on any single approach.
The sequencing patterns observed reveal ongoing tension between communicative priorities and structural considerations in curriculum design.

Frequency-based sequencing supports immediate functional communication, while complexity-based progression acknowledges cognitive processing limitations. Successful materials appear to balance these competing demands through careful attention to both communicative needs and learning progression principles.

The variety of practice activity types identified demonstrates the field's recognition that different activities serve distinct functions in grammar development. Controlled exercises continue to play important roles in building accuracy and confidence, while guided and communicative activities provide opportunities for meaningful structure usage. The integration of grammar instruction with other language skills reflects holistic approaches that recognize the interconnected nature of linguistic competencies.

The attention to cultural and pragmatic aspects of grammar usage, though variable across materials, represents an important development in ELE pedagogy that prepares learners for authentic communication contexts. The acknowledgment of register variation and dialectal differences, even at elementary levels, contributes to learners' sociolinguistic competence alongside their grammatical knowledge.

The error treatment approaches documented in this study reveal different strategies for supporting learner development while maintaining motivation and confidence. Self-correction mechanisms and collaborative error treatment reflect contemporary understanding about the importance of learner autonomy and peer interaction in language learning processes.

This descriptive study provides a foundation for understanding current trends in ELE grammar pedagogy and documents the diversity of approaches employed in contemporary materials. The findings suggest that effective grammar instruction at A1 and A2 levels requires careful attention to learner needs, systematic progression, meaningful contextualization, and integration with broader communicative goals. Future research might examine the effectiveness of these different approaches and their impact on learner outcomes across diverse educational contexts.

The implications of this study extend beyond textbook analysis to broader questions about optimal grammar instruction in foreign language learning. As the field continues to evolve, the documentation of current practices provides valuable reference points for future developments in ELE pedagogy and materials design.

References

Butt, J., & Benjamin, C. (2011). *A new reference grammar of modern Spanish* (5th ed.). Routledge.

Cerrolaza, Ó., Cerrolaza, M., & Llovet, B. (2019). *Método de Español A1*. Editorial Anaya.

Cerrolaza, Ó., Cerrolaza, M., & Llovet, B. (2019). *Método de Español A2*. Editorial Anaya.

Corpas, J., García, E., & Garmendia, A. (2020). *Aula Internacional Plus A1*. Editorial Difusión.

Corpas, J., García, E., & Garmendia, A. (2020). *Aula Internacional Plus A2*. Editorial Difusión.

Ellis, R. (2006). Current issues in the teaching of grammar: An SLA perspective. *TESOL Quarterly*, 40(1), 83-107.

Ellis, R. (2009). Implicit and explicit knowledge in second language learning, testing and teaching. *Multilingual Matters*.

Equipo Prisma. (2017). *Nuevo Prisma A1*. Editorial Edinumen.

Equipo Prisma. (2017). *Nuevo Prisma A2*. Editorial Edinumen.

Gente, A. R., Martínez, M. J., & Molina, M. (2018). *Espacio Joven A1*. Editorial Edinumen.

Gente, A. R., Martínez, M. J., & Molina, M. (2018). *Espacio Joven A2*. Editorial Edinumen.

Hinkel, E., & Fotos, S. (Eds.). (2002). *New perspectives on grammar teaching in second language classrooms*. Lawrence Erlbaum Associates.

Instituto Cervantes. (2019). *Plan curricular del Instituto Cervantes: Niveles de referencia para el español A1-A2*. Editorial Biblioteca Nueva.

Little, D. (2007). The Common European Framework of Reference for Languages: Perspectives on the making of supranational language education policy. *The Modern Language Journal*, 91(4), 645-655.

Martín Peris, E., Sabater, M. L., & Coronado, M. L. (2008). *Diccionario de términos clave de ELE*. Instituto Cervantes-SGEL.

Tomlinson, B. (2011). *Materials development in language teaching* (2nd ed.). Cambridge University Press.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

LIFE RHYTHM BEHIND THE SCREEN: HOW SOCIAL MEDIA SHAPES STUDENTS SLEEP PATTERNS

Nadhiya' ULKHAQ
UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan
ORCID0009-0002-1913-1900

Abstract
Social media has become part of students' daily routines, yet one of its hidden impacts lies in sleep patterns. This study aims to explore how late-night scrolling or content creation affects students' biological rhythms. A survey of 120 university students was conducted, followed by interviews with a smaller group of active social media users. The findings reveal a mixed picture: some students reported that social media delayed their sleep, while others considered it a way to relax before bedtime. Irregular sleeping habits were found to affect focus in class and overall physical health. These results suggest that social media is not merely about digital interaction, but also closely tied to basic aspects of life such as health and time management.
Keywords: Social Media, Sleep Patterns, Students, Health.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE IMPACT OF WATER POLLUTION ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF SECONDARY SCHOOL CHEMISTRY STUDENTS: A CASE STUDY IN KONTAGORA LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE

Hussaini Hassan
Department Of Science Education, University Of Science And Technology

Aliyu Umar Dakingari
Department Of Science Education, University Of Science And Technology

Ibrahim Alhassan Libata
Department Of Science Education, University Of Science And Technology

Abstract
The present investigation was conducted to examine the impact of water pollution on the academic performance of chemistry students in secondary school within the Kontagora Local Government Area of Niger State. In order to guide the study , four objectives , four research questions, and four hypotheses were developed. An ex post facto research design was employed for this investigation. The sample for this study comprised 250 SSII chemistry students selected from five (5) public secondary schools within the Kontagora Local Government Area. A questionnaire served as the primary instrument for data collection. Data analysis was performed utilizing the t-test. Water pollution has emerged as a prominent environmental issue with both direct and indirect repercussions on human health, education, and socio-economic advancement. Contaminated water sources subject students to health complications such as waterborne diseases, fatigue, and absenteeism, which adversely influence their concentration and academic engagement. Furthermore, the substandard quality of water utilized in educational and laboratory settings constrains the efficacy of practical chemistry experiments, consequently diminishing students' interest, comprehension, and performance in the discipline. The findings indicate that environmental factors, particularly the quality of water, are instrumental in shaping academic performance in science education. Mitigating water pollution through enhanced sanitation, secure water supply, and environmental education may improve students' well-being, participation, and overall performance in chemistry.
Keywords: water Pollution, Academic Achievement, Chemistry Student, kontagora Local Government Area

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS EDUCATION POLICY AND CURRICULUM DESIGN: A CRITICAL ANALYSIS OF EDUCATIONAL DECISION MAKING PROCESSES

Aribisala Oluwadamilare Olufolarin
Federal College of Education (Technical)
School of Business Education, Entrepreneurship Education Department

Ismailia Yusuf Olajide
Lagos State University of Education,
Department of Business Education, College of Vocational and Entrepreneurship Education

Adekola Ramon Abolore
Federal College of Education (Technical)
School of Business Education, Marketing Education Department

Opoola, Adenike Oluwabusayo
Federal College of Education (Technical)
School of Business Education, Marketing Education Department

Abstract
With the rapid advancement of AI in development of educational decisions, policy making and curriculum design of Business education as a course leveraging educational landscape at large. Educational decision making is germane because of the transformative measures in the pedagogical world. The contemporary approach of AI has been a high potential in the pardigm shift of expanding designing and development of educational policies in Business Education curriculum. Development of AI has established contemporary issues by creating opportunities in the curriculum management of Business education. The transformation of Business education policy using AI in contextual and fostering decisions to a large extent. This study was guided by two specific objectives, research questions and research hypothesis. The population consist of 210 business educators. The convenience sampling technique was used based on the easy acess and availability of business educators. The data was collected using a questionnaire which was validated by two business education experts from University of Lagos. The test retest method was used using Pearson Product Moment Correlation (PPMC) determined the reliabiliy yielding to a coefficient of 0/67 meaning the instrument is reliable for the study. Mean, Standard Devioation was used to test the research questions, while t-test statistical tool was used to test hypothesis at 0.05 significant level. The finding shows that AI by business education has come to stay and fully enhancing their output as students and lecturers. Based on the findings, it was recommended that AI should be included into business education curriculum to enhance educational policies and enhance better decision making processes.
Keywords: AI, Business Education, Curriculum design, Educational decision making process.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THEOLOGY OF CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION CURRICULUM IN THE ALGORITHMIC ERA AS THE FOUNDATION OF STUDENTS' DIGITAL CHARACTER

Desi SIANIPAR
Universitas Kristen Indonesia, Postgraduate Program, Christian Religious Education
ORCID: 0000-0002-6975-9926

ABSTRACT
The rapid expansion of algorithm-driven technologies has reshaped educational spaces, influencing not only pedagogical methods but also the ethical and spiritual formation of students. In this context, the theology of curriculum within Christian Religious Education (CRE) requires a renewed framework that addresses digital culture while remaining rooted in biblical foundations. This paper explores the theological underpinnings of a Christian curriculum in the algorithmic era, emphasizing its role in cultivating digital character among university students. By employing a theological-pedagogical analysis combined with curriculum studies, the research highlights three key contributions: (1) reinterpreting theological values—such as integrity, love, wisdom, and responsibility—in the context of algorithmic culture; (2) designing curricular models that integrate faith and technology toward the formation of discernment and wisdom; and (3) positioning CRE as a transformative practice that safeguards students from digital dehumanization while nurturing their role as responsible digital citizens. The findings argue that a theology of curriculum is not merely an academic construct but a spiritual foundation enabling students to navigate algorithmic systems critically, ethically, and faithfully. This study contributes to global conversations on theological education and digital ethics, offering a contextualized approach for Christian universities in Indonesia and beyond.
Keywords: Theology of Curriculum, Christian Religious Education, Algorithmic Era, Digital Character, Christian Universities.

INTRODUCTİON
The development of algorithmic technology has brought about major transformations in the field of education, including in the realm of Christian Religious Education (CRE). Social media algorithms, artificial intelligence (AI), and big data are no longer merely tools, but they also shape the learning ecosystem, ways of thinking, and even students' moral orientation. This phenomenon creates a paradox: on the one hand, technology provides vast, interactive, and adaptive learning opportunities, yet on the other hand, it also poses risks of digital dehumanization, information manipulation, and a crisis of spirituality (Campbell & Tsuria, 2021). In particular, Christian higher education institutions in Indonesia face a dual challenge. First, some students tend to adopt digital technologies pragmatically without a clear theological foundation (Yuswohady, 2023). Second, the CRE curriculum often falls short in equipping students to become digital citizens who are critical, ethical, and faithful to Christian values (Budianto, 2022). Thus, the urgency of renewing the CRE curriculum in the algorithmic age is not merely technical but deeply theological and ethical.
Theology of curriculum in this context is understood as an effort to reinterpret the foundations of the Christian faith in response to digital challenges. James K.A. Smith's (2016) perspective on education as cultural liturgy provides an important basis, emphasizing that educational practices are not neutral but shape habits and character.

Likewise, Arthur Holmes (2018) stresses the integration of faith and knowledge as the foundation of Christian education. By embedding theological values such as integrity, love, and responsibility into the algorithmic context, the CRE curriculum can become an arena for shaping students' digital character. Hence, the concept of curriculum theology emphasizes that the curriculum is not merely an academic device but a theological praxis that forms students' faith, morality, and identity (Astley, 2022). This approach rejects the separation of faith and pedagogy, viewing curriculum instead as a space of spiritual formation. Lankshear & Knobel (2020) highlight the need for integrating a Christian worldview into curriculum design, while Smith (2016) emphasizes the importance of liturgical practices in shaping students' habits.

Recent studies show that algorithms and AI have significant implications for Christian religious education, ranging from personalized learning to digital ethics (Selwyn, 2022). Campbell & Tsuria (2021), in *Digital Religion*, emphasize that the digital sphere is a new theological arena shaping faith and religious practice. In the Indonesian context, recent studies confirm that Christian students face ethical dilemmas regarding the use of social media, data privacy, and information consumption (Simanjuntak & Sihombing, 2023). Based on these studies, there is a research gap: in Christian religious education, curriculum theology is urgently needed to form students' digital character so that they may use digital technologies and AI responsibly, lovingly, wisely, and in ways that respect human dignity.

Digital character formation demands the integration of faith values with digital literacy skills. Arthur (2019) describes digital character education as the process of shaping integrity, wisdom, and responsibility in online interactions. For Christian religious education, this means grounding digital literacy in love, truth, and responsibility as its core principles. A study by Budianto (2022) in Indonesia found that Christian students require clear curricular guidance so that they are not only "digitally literate" but also equipped with discernment and wisdom.

RESEARCH METHOD

This study employs a library research approach, since the issues under investigation are conceptual-theological and pedagogical in nature. Thus, it does not require field observation but rather an in-depth understanding through a critical review of relevant academic works. Zed (2014) emphasizes that library research is a systematic process that includes searching, organizing, analyzing, and synthesizing literature to discover thought patterns and research gaps that can be addressed. George (2019) adds that the library approach allows researchers to build a solid conceptual framework by relying on established scholarly discourse, especially when the object of study is more conceptual than empirical. Therefore, this method is highly appropriate for curriculum theology research, whose purpose is to propose the construction of new ideas. To ensure reliability, the articles selected for review are limited to publications within the past five years (2019–2024), ensuring contextual and up-to-date data.

The analysis process employs a theological-pedagogical approach, interpreting the literature within the framework of Christian faith and educational principles. Hart (2018) emphasizes that literature review builds new arguments and syntheses. Accordingly, the stages of analysis in this study include: (1) classifying the literature into themes of curriculum theology, digital culture, and digital character formation; (2) interpreting theological values such as love, integrity, responsibility, and wisdom within the algorithmic context; and (3) developing a conceptual synthesis to construct a CRE curriculum model that is relevant to the needs of students in Indonesian Christian higher education.

RESULT AND DİSCUSSİON

1. Reinterpretation of Theological Values in the Algorithmic Context

Theological values such as integrity, love, responsibility, and wisdom require deeper reinterpretation in the algorithmic context. Integrity in the Christian tradition is always associated with faithfulness to truth and honesty, both personally and communally. James K. A. Smith (2021) emphasizes that Christian education is a process of formation that shapes ethical dispositions rather than merely transferring knowledge. In the context of algorithms, which often display hidden biases and data manipulation, integrity signifies the willingness to remain critical and faithful to the principle of truth, even when digital systems encourage instant and pragmatic behavior. This aligns with Proverbs 10:9, which stresses that "Whoever walks in integrity walks securely," where the Hebrew word *tāmîm* refers to a whole and honest life. Likewise, Jesus declares in John 8:32 that "the truth will set you free," where the Greek *alētheia* denotes genuine truth that liberates humanity from deception. Digital integrity, therefore, is not merely a form of general morality but a way of life rooted in God's truth. In practice, digital integrity in learning can be implemented through courses such as "Christian Ethics and Technology," which train students to identify algorithmic bias, hoaxes, and media manipulation. For example, students may analyze cases of fake news using Christian ethical approaches (Smith, 2021). This fosters character formation rooted in truth amid a digital culture that often obscures reality.

Meanwhile, love as the core of Christian theology must be translated into the use of technology oriented toward the common good. Stanley Hauerwas (2020) reminds us that Christian love is not merely a feeling but a communal praxis directing ethical action within society. Thus, love in the algorithmic era means using digital media to strengthen solidarity, amplify the voice of justice, and resist the spread of hate speech. Johnson (2020) likewise emphasizes that Christian ethics in the digital era must be relational, taking into account the presence of others as the image of God. Love as digital solidarity can be expressed through technology-based community projects, such as social media campaigns addressing issues of social justice, where students are encouraged to express love in the public sphere. Following Hauerwas (2020), the CRE curriculum can facilitate digital diakonia, that is, service-oriented practices on digital platforms that support vulnerable groups. Biblically, this love is rooted in Jesus' command: "Love your neighbor as yourself" (Matt. 22:39). In simple exegesis, the term *agapē* refers to an active love that transcends self-interest and is manifested in concrete action. Hence, the expression of love in digital spaces is not merely a moral rhetoric but a praxis of faith that embodies Christ in the algorithmic public domain.

Furthermore, responsibility in Christian education relates to the capacity to make ethical decisions that consider social consequences. Setiawan and Christiani (2022) highlight that Christian students in Indonesia need to be formed as responsible digital citizens, capable of weighing the social, moral, and spiritual implications of their digital activities. This resonates with Dietrich Bonhoeffer's (2017) view of ethical responsibility as an expression of obedience to Christ in a complex world. Responsibility in content production can be emphasized when students are tasked with creating creative theological content (short videos, podcasts, blogs) while observing digital ethics and social impact. This is in line with Setiawan and Christiani (2022), who stress the importance of forming responsible digital citizens within Indonesian Christian universities. Biblically, Paul exhorts: "Whatever you do, work at it with all your heart, as working for the Lord, not for human masters" (Col. 3:23). A simple exegesis reveals that this verse emphasizes an orientation of responsibility not limited to self-interest but rooted in obedience to Christ. Thus, every digital activity, including content production, becomes part of ministry and faith witness with both social and spiritual impact.

Moreover, wisdom occupies a central place as an integrator between faith and digital practice. Arthur (2021) describes this as digital wisdom, namely, the ability to employ digital knowledge ethically based on moral and spiritual values. In the biblical tradition, wisdom is not merely intellectual intelligence but a skill of life aligned with God's will (cf. Prov. 1:7). David Kelsey (2009) also underscores that the primary goal of theological education is to shape believers who are able to live wisely before God, others, and creation. In the algorithmic context, such wisdom guides students to sift through information, delay instant reactions, and act on the basis of love and justice. Wisdom must thus be understood as digital discernment, which can be cultivated through practices such as digital *lectio divina* or spiritual reflection on daily technology use. Arthur (2021) stresses the need for digital wisdom as the capacity to filter information and resist impulsive responses. In curricular practice, students can be engaged in critical discussions about social media algorithms and then undertake theological reflection on faith and ethics. Biblically, James 1:5 affirms: "If any of you lacks wisdom, you should ask God, … and it will be given to you." A brief exegesis shows that wisdom is a divine gift that equips individuals to make the right decisions while enabling the faith community to interpret life—including the digital world—according to God's will. Thus, Christian digital wisdom becomes a means of integrating faith and ethics in responding to algorithmic challenges.

In sum, the reinterpretation of these values not only helps Christian students survive the flood of digital information but also equips them to become agents of transformation who embody integrity, love, responsibility, and wisdom within the digital ecosystem. In this way, the CRE curriculum is not merely an academic tool but a theological praxis shaping students' digital character holistically. Through such practices, the CRE curriculum functions as a formative arena where students not only grasp theological values conceptually but also embody integrity, love, responsibility, and wisdom in everyday technological use. Ultimately, CRE becomes a transformative praxis that enables young Indonesian Christians to face algorithmic challenges without losing their faith identity.

2. An Integrative Model of CRE Curriculum

The CRE curriculum in the algorithmic age must integrate faith and technology. This can be achieved by designing courses that address not only classical theology but also digital ethics, artificial intelligence, and social media. Such integration cultivates discernment and wisdom in navigating the digital flood of information (Park, 2021). This model allows students to become not only consumers of technology but also producers of ethical and theological digital content (Lai, 2020). Consequently, CRE is no longer limited to the transmission of doctrine but becomes the formation of digital character rooted in Christian faith (Hoon, 2022).

Concretely, the curriculum can be designed around four main modules grounded in theological values. The first module, Digital Integrity, emphasizes faithfulness to truth amid algorithmic bias. Students are invited to read and interpret biblical texts such as Proverbs 10:9 ("Whoever walks in integrity walks securely") and John 8:32 ("The truth will set you free"), and then relate them to practices such as analyzing fake news or data manipulation. Digital integrity here is cultivated through critical exercises and theological reflection, shaping students into individuals with firm ethical dispositions, as emphasized by Smith (2021). The second module, Love as Digital Solidarity, directs the curriculum toward cultivating relational ethics in digital spaces. Through a course like "Public Theology and Social Media," students are trained to integrate *agapē* love into digital diakonia projects, such as social media campaigns for social justice or platform-based service to vulnerable groups.

Its biblical foundation is Matthew 22:39, where love of neighbor is understood as praxis extending beyond private boundaries and embodied in inclusive online communities.

The third module, Digital Responsibility, provides space for students to produce creative theological content (videos, podcasts, blogs) while considering their social and spiritual consequences. The theological inspiration is Colossians 3:23, which emphasizes that all work must be done "as unto the Lord." Thus, digital responsibility is understood as a form of obedience to Christ, where students learn to connect content production with faith witness and public service (Bonhoeffer, 2017; Setiawan & Christiani, 2022). The fourth module, Digital Wisdom, develops digital discernment through spiritual practices such as digital *lectio divina*, critical discussions on social media algorithms, and ethical evaluations of contemporary digital phenomena. James 1:5 serves as the foundation, reminding that wisdom is God's gift guiding believers in ethical decision-making. As emphasized by Kelsey (2009) and Arthur (2021), wisdom serves as the integrator between faith, reason, and digital practice. Through this module, students are trained to filter information, avoid instant reactions, and ground their digital decisions in love and justice.

Through these four modules, the CRE curriculum in Indonesian Christian universities becomes not only academically relevant but also spiritually transformative. The curriculum establishes integrity, love, responsibility, and wisdom as its pillars, contextualized for the digital age, thereby enabling students to face algorithmic challenges without losing their faith identity. Furthermore, this approach demonstrates that curriculum theology is not merely a conceptual framework but a praxis of faith nurturing digital citizens who are critical, ethical, and faithful to Christ.

3. Transformative Praxis of CRE

Christian Religious Education (CRE) plays a transformative role in protecting students from digital dehumanization. Algorithms tend to reduce human beings to data, thereby threatening to erase the spiritual, ethical, and relational dimensions of humanity (Turkle, 2021). From a theological perspective, such reductionism poses a serious danger, as human beings are not merely biological entities or digital information but are created in the image of God (*imago Dei*) with dignity, freedom, and relational vocation. Genesis 1:26–27 affirms that humans are created in God's image and likeness; therefore, any attempt to reduce humanity to mere numbers or data contradicts this ontological dignity.

In this context, CRE as theological praxis serves to remind students of their identity as God's image-bearers who cannot be reduced by algorithmic systems. This identity not only speaks to their spiritual essence but also entails ethical responsibility to live in loving, just, and respectful relationships. Through pedagogical approaches that emphasize reflective learning, theological discussion, and spiritual practices, students are encouraged to realize that the use of digital technology must not obscure their full humanity.

Moreover, CRE functions as a formative space integrating faith with digital reality. For instance, through digital liturgies such as online prayer gatherings, hybrid worship services, or app-based daily devotions, students can experience God's presence in virtual spaces. This aligns with the understanding that the incarnational God is not limited by physical space but accompanies His people in every context, including the digital world. Such liturgical practices are not intended to replace physical fellowship but rather to embody faith within the algorithmic culture.

In addition, community-based learning also plays a significant role in the CRE curriculum. By fostering interdisciplinary dialogue, students are trained to become responsible digital citizens—not merely technologically literate but also morally and spiritually sensitive (Setiawan, 2023). In this respect, the CRE curriculum functions not only as knowledge transmission but also as a space for character and spiritual formation. Paul's exhortation in Romans 12:2—"Do not conform to the pattern of this world, but be transformed by the renewing of your mind"—in the algorithmic context can be interpreted as a call not to merely follow the deterministic logic of digital systems but to employ wisdom in interpreting and utilizing technology for the common good.

Thus, the CRE curriculum serves both as a safeguard of humanity and as a space for spiritual formation amid digital culture. It not only equips students with critical analytical tools to evaluate algorithms but also nurtures them with theological virtues—faith, hope, and love—as foundations for navigating digital life. In the long run, this transformative role enables students to live as authentic witnesses of Christ in the algorithmic era, safeguarding human dignity while embodying justice and love within an often impersonal and manipulative digital ecosystem.

CONCLUSION

This study shows that re-envisioning the Christian Religious Education curriculum is essential in the algorithmic era. Through library research, theological and pedagogical insights were synthesized to construct a model that integrates digital ethics with Christian values—integrity, love, responsibility, and wisdom. The proposed framework positions CRE as a transformative praxis that protects students from digital dehumanization while shaping them as discerning, responsible, and faithful digital citizens.

REFERENCE

Arthur, J. (2019). *Digital Character Education*. Routledge.

Arthur, J. (2021). Digital wisdom and character education. *Journal of Moral Education*, 50(4), 423–437. https://doi.org/10.1080/03057240.2021.1890563

Astley, J. (2022). *Theological Perspectives on Christian Education*. Brill.

Budianto, H. (2022). Digital ethics and Christian character formation in higher education. *International Journal of Christianity & Education, 26*(3), 243–258.

Campbell, H. A., & Tsuria, R. (2021). *Digital Religion: Understanding Religious Practice in Digital Media*. Routledge.

George, M. W. (2019). *The elements of library research* (2nd ed.). Princeton University Press.

Hart, C. (2018). *Doing a literature review: Releasing the research imagination* (2nd ed.). Sage.

Hoon, C. Y. (2022). Religious education in the digital age: Opportunities and challenges. *Religious Education*, 117(2), 123–137. https://doi.org/10.1080/00344087.2022.2040156

Johnson, T. (2020). Christian ethics in the digital era. *Theological Studies*, 81(3), 512–529. https://doi.org/10.1177/0040563920934821

Lai, A. (2020). Faith formation and technology: Rethinking Christian education. International *Journal of Christianity & Education*, 24(3), 197–212. https://doi.org/10.1177/2056997120946662

Park, S. (2021). Discernment and wisdom in theological education for a digital society. *Teaching Theology & Religion*, 24(2), 101–111. https://doi.org/10.1111/teth.12508

Selwyn, N. (2022). *Education and Technology: Key Issues and Debates* (3rd ed.). Bloomsbury.

Setiawan, H. (2023). Formation of digital citizenship in Christian higher education. *Jurnal Pendidikan Agama Kristen*, 7(2), 210–225. https://doi.org/10.31219/osf.io/abc456

Setiawan, H., & Christiani, L. (2022). Ethics of digital citizenship in Indonesian Christian universities. *Jurnal Teologi dan Pendidikan Kristen*, 5(1), 45–60. https://doi.org/10.31219/osf.io/xyz123

Simanjuntak, D. & Sihombing, Y. (2023). Christian youth and ethical challenges in digital society. *Jurnal Teologi dan Pendidikan Kristen Indonesia, 9*(2), 101–118.

Smith, J. K. A. (2021). Technology, formation, and integrity: Rethinking Christian education. *Christian Scholar's Review*, 50(1), 15–30. https://christianscholars.com/technology-formation-and-integrity

Turkle, S. (2021). *The empathy diaries: A memoir*. New York: Penguin Press.

Yuswohady. (2023). Navigating digital transformation in religious higher education. *Journal of Educational Transformation, 11*(1), 45–62.

Zed, M. (2014). *Metode penelitian kepustakaan*. Yayasan Obor Indonesia.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SOSYAL MESAJLAŞMA İLE DÖNÜŞTÜRÜLEN ERP: WHATSAPP TABANLI AKILLI CHATBOT VE OTOMASYON PLATFORMU

Dr. Cumali TÜRKMENOĞLU
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Management Information Systems
ORCID: 0000-0002-1026-0725

Eren ÖRNEK
HIT Information Consulting Services Industry and Trade Inc., R&D Department
ORCID: 0009-0009-6669-4088

Murat İN
HIT Information Consulting Services Industry and Trade Inc., R&D Department
ORCID: 0009-0008-2307-6741

ÖZET

Bu bildiri, geleneksel Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemlerini sosyal mesajlaşma platformlarıyla birleştirerek mobil iş süreçlerini yeniden şekillendiren yenilikçi bir platform sunar. WhatsApp Business API ve Meta Flow teknolojilerinden güç alan sistem, kullanıcıların doğal dil ile mobil cihazlar üzerinden ERP işlemlerini hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirmesini sağlayan bir chatbot çözümü sunar. Platform, BERT tabanlı doğal dil işleme (NLP) motoru, olay tabanlı (event-driven) agent sistemi ve mikro servis tabanlı ölçeklenebilir bir altyapıyı entegre eder. Bu mimari, yüksek performans ve esneklik sunarak işletmelerin değişen ihtiyaçlarına uyum sağlar.

Özellikle üretim, perakende ve lojistik sektörlerindeki orta ve büyük ölçekli işletmeler için tasarlanan platform, WhatsApp Flow ile zenginleştirilmiş sezgisel arayüzler, Türkçe kurumsal süreçlere özel optimize edilmiş NLP modeli ve SAP, Oracle, Microsoft Dynamics gibi önde gelen ERP sistemleriyle uyumlu birleşik API ağ geçidiyle dikkat çeker. Rol tabanlı erişim kontrolü (RBAC), uçtan uca şifreleme ve veri maskeleme gibi güvenlik önlemleri, kurumsal verilerin korunmasını garanti altına alır. Pilot çalışmalar, sistemin %92 işlem doğruluğu sağladığını ve görev tamamlama süresini %40 oranında azalttığını göstermiştir. Bu sayede sipariş yönetimi, stok sorgulama, fatura oluşturma ve onay süreçleri gibi temel ERP işlevleri, WhatsApp üzerinden güvenli, hızlı ve kullanıcı dostu bir şekilde erişilebilir hale gelir.

Bu çözüm, geleneksel ERP sistemlerinin karmaşık arayüzleri ve sınırlı mobil erişim olanakları gibi zorluklarını, sosyal mesajlaşma platformlarının tanıdık ve erişilebilir ortamıyla aşar. İşletmelerin dijital dönüşüm yolculuğuna pratik ve etkili bir katkı sunan platform, kurumsal kaynak planlamada sosyal mesajlaşma teknolojilerinin potansiyelini ortaya koyar ve geleceğin mobil odaklı iş süreçlerine öncülük eder.

Anahtar Kelimeler: ERP Entegrasyonu, WhatsApp Chatbot, Doğal Dil İşleme, Veri Güvenliği

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TRANSFORMING ERP WITH SOCIAL MESSAGING: A WHATSAPP-BASED SMART CHATBOT AND AUTOMATION PLATFORM

ABSTRACT

This paper presents an innovative platform that redefines mobile business processes by integrating traditional Enterprise Resource Planning (ERP) systems with social messaging platforms. Leveraging the WhatsApp Business API and Meta Flow technologies, the system enables users to perform ERP operations seamlessly through natural language on mobile devices via a chatbot solution. The platform architecture combines a BERT-based natural language processing (NLP) engine, an event-driven agent system, and a scalable microservices-based backend, ensuring high performance and adaptability to evolving business needs.

Designed specifically for medium and large-scale enterprises in sectors such as manufacturing, retail, and logistics, the platform stands out with WhatsApp Flow-enhanced intuitive interfaces, a Turkish-language NLP model fine-tuned for enterprise processes, and a unified API gateway compatible with leading ERP systems like SAP, Oracle, and Microsoft Dynamics. Robust security measures, including role-based access control (RBAC), end-to-end encryption, and data masking, ensure the protection of enterprise data. Pilot studies demonstrate the system achieves 92% transaction accuracy and reduces task completion time by 40%. Consequently, critical ERP functions such as order management, inventory queries, invoice creation, and approval processes become securely and efficiently accessible via WhatsApp.

This solution overcomes the complex interfaces and limited mobile access of traditional ERP systems by leveraging the familiar and user-friendly environment of social messaging platforms. It provides a practical contribution to enterprises' digital transformation journeys and highlights the potential of social messaging technologies in enterprise resource planning.

Keywords: ERP Integration, WhatsApp Chatbot, Natural Language Processing, Data Security

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

LEAN QUALITY MANAGEMENT: EFFICIENCY AND WASTE REDUCTION

İrem Demet ŞENEL
Senior Quality Assurance Engineer, Ege University, Institute of Social Sciences, Business Administration
ORCID: 0009-0004-8820-4725

ABSTRACT
In today's business world, where global competition is intensifying, cost pressures are increasing, and sustainability requirements have become inevitable for companies, improving efficiency and reducing waste emerge as strategic imperatives. Quality Management Systems (QMS) aim to ensure quality by standardizing organizational processes, while the Lean approach focuses on optimizing resource use by eliminating non-value-adding activities. The integration of these two approaches offers a powerful management model that enhances both quality assurance and operational efficiency. In the food industry, QMS practices ensure product safety while keeping production processes organized, traceable, and auditable. Implementing Lean techniques within the framework of QMS in food enterprises delivers measurable benefits such as shortening process times, preventing material and energy losses, reducing errors, and lowering customer complaints. In this context, waste is considered not only as physical material loss but also in terms of multidimensional impacts such as loss of time, energy, labor, storage space, and even customer satisfaction. Thanks to Lean techniques, unnecessary waiting times, overproduction, excessive inventory, and defective production rates are reduced, leading to significant improvements in both costs and environmental impacts. The use of emerging technologies increases the feasibility of this integration, enabling faster, more consistent, and more traceable results in processes. Thus, QMS can identify potential risks in advance through digital monitoring and data analytics, implement process improvements more effectively, and support a culture of continuous improvement. In conclusion, the proper implementation of Lean quality management and QMS integration in food enterprises can be regarded as a strategic management model that provides long-term success, operational excellence, and sustainable competitive advantage. Unlike studies focusing solely on either Lean or Quality Management Systems (QMS), this paper emphasizes the synergistic benefits of their integration. The originality of this study lies in demonstrating how Lean tools operationalize the standardization and assurance functions of QMS into tangible and measurable outcomes in the food sector.
Keywords: Lean management, quality management system, efficiency, waste reduction, continuous improvement, sustainability, digital transformation
Acknowledgement: The author would like to thank DIMES FOOD Ind. and Inc. for their valuable support for this study.

INTRODUCTION
Lean quality management seeks to enhance efficiency in food manufacturing and minimize waste by integrating traditional quality management practices with the lean production paradigm. The primary objective of lean management is to improve productivity by eliminating activities that do not generate value. In practice, this approach involves visualizing the value stream and continuously identifying inefficiencies and forms of waste across the organization. This is particularly critical in the food industry, where waste remains exceptionally high—approximately 40% of global food supply is lost or discarded during production and distribution.

By systematically addressing overproduction, defects, and spoilage, lean quality management reorients each process step toward delivering customer-defined value, such as taste, safety, and nutrition. In doing so, it ensures that food processing operations remain both highly efficient and rigorously focused on quality and safety.

The implementation of lean systems in food manufacturing requires the application of fundamental lean concepts and tools throughout the value stream. Methods such as value-stream mapping, 5S workplace organization, and just-in-time production are employed to identify and reduce waste at all stages. Lean philosophy emphasizes five core principles: defining value, mapping the value stream, creating flow, establishing pull, and pursuing perfection. In addition, the concept of an "eighth waste" —the underutilization of employee potential—is often highlighted. Scholars and practitioners alike regard lean management as a quality management system in itself: a continuous process dedicated to uncovering inefficiencies and eliminating non-value-adding activities. Within the food sector, this translates into disciplined workflows in which deviations and defects can be detected and corrected promptly, thereby maintaining alignment with customer expectations and regulatory requirements.

Empirical studies demonstrate that lean implementation in the food industry leads to significant improvements in productivity and waste reduction. Recent literature reviews identify lean manufacturing as one of the most effective strategies for minimizing waste in agro-food processing, while emphasizing the need to address industry-specific challenges such as fluctuating raw material quality, seasonal demand variability, and stringent safety regulations. For example, a case study conducted in a major poultry processing facility in Turkey applied lean thinking and value-stream mapping to establish "lean and sustainable" operations that integrated social, environmental, and economic dimensions. Similarly, industry analyses report that lean management not only improves operational efficiency but also enhances customer satisfaction by reducing waste and prioritizing value. In practice, lean initiatives frequently begin with identifying the root causes of overproduction and defects, subsequently implementing corrective measures such as pull systems and in-line quality assurance checks. The combined effect of waste reduction and embedded quality controls results in higher yields without compromising product integrity.

Taken together, lean quality management emerges as a comprehensive strategy for achieving operational excellence in the food sector. By fostering a culture of continuous improvement (Kaizen) and actively engaging employees in problem-solving, lean systems consistently deliver higher throughput with reduced waste while utilizing the same resources. These improvements are closely linked to broader sustainability and food security objectives: minimizing waste contributes to ensuring that safe, nutritious, and affordable food remains accessible, while safeguarding finite planetary resources. In conclusion, the adoption of lean quality management in food processing aligns efficiency and quality goals, systematically eliminates waste across the supply chain, and enhances both the productivity and reliability of food products.

In the literature, Lean practices and QMS have often been studied independently, and their combined application within the food sector remains relatively limited. This study contributes by examining how Lean tools complement QMS requirements, thereby proposing an integrated framework that simultaneously ensures regulatory compliance and operational excellence.

METHODOLOGY

This study's methodological approach is focused on evaluating the use of Lean Quality Management (LQM) concepts in the food industry, with an emphasis on efficiency enhancement and waste reduction. Through the integration of a comparative analysis of multiple empirical case studies published in recent literature, the methodology highlights both quantitative and qualitative outcomes. It is examined how important Lean methods and practices affect output, waste minimization, and quality control. Statistical Process Control (SPC), Just-in-Time manufacturing, Value Stream Mapping, 5S workplace organization, and HACCP are a few of them.

A broad range of food industry sectors are covered by the case study selection, such as bread and beverage production, poultry processing, and small-to-medium businesses (SMEs). Each example offers quantifiable indicators such as reduced scrap rates, higher output, fewer faults, and improved sustainability metrics. By demonstrating how different tool and strategy combinations impact environmental outcomes, employee engagement, and operational effectiveness, this approach enables a rigorous comparison of Lean solutions.

This study intends to offer a systematic overview of best practices in LQM implementation by using a technique based on literature-based comparative analysis. This will aid in identifying important success factors and potential obstacles for future applications in the food industry.

Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping (VSM) is widely recognized as a fundamental Lean tool in food manufacturing, enabling the visualization of the entire production flow from raw material intake to final product delivery. In the studies reviewed, VSM facilitated the identification of non-value-adding steps such as redundant handling, unnecessary waiting times, and excessive transport. For instance, in beverage production, VSM highlighted bottlenecks in pasteurization and filling lines, allowing engineers to reorganize workflows and synchronize production steps. By pinpointing inefficiencies, VSM not only reduces process time but also ensures that each step directly contributes to product quality and safety, which is critical in perishable food operations.

5S Workplace Organization

Implementation of 5S principles—Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain—proved highly effective in improving operational hygiene, traceability, and productivity. In bakery and dairy production lines, the studies show that organized workstations reduced retrieval times for ingredients and minimized contamination risks. From a food engineering perspective, maintaining a clean, standardized workspace enhances compliance with food safety standards (e.g., ISO 22000, HACCP) while simultaneously enabling faster, error-free operations. Furthermore, the visual management aspect of 5S promotes continuous monitoring and early detection of deviations in critical process areas.

Just-In-Time (JIT) Production

Just-In-Time production was reported to significantly reduce overproduction, inventory levels, and associated storage costs. In fresh juice and poultry processing plants, the adoption of JIT led to fewer expired products and minimized raw material waste, directly improving yield efficiency. For food engineers, JIT implementation is particularly valuable because it aligns production volumes with actual demand, preserving ingredient freshness and ensuring optimal resource utilization. This approach also strengthens supply chain responsiveness, which is essential in sectors with perishable inputs.

Statistical Process Control (SPC)

SPC emerged as a key tool for real-time monitoring of critical quality parameters such as temperature, pH, moisture content, and filling volumes. Across the reviewed cases, SPC enabled early detection of process deviations, reducing the likelihood of defective batches. In beverage and dairy processing, SPC implementation allowed for tighter control of pasteurization and mixing processes, directly contributing to food safety and consistency. From an engineering standpoint, SPC not only minimizes waste but also provides quantifiable data to support continuous improvement initiatives.

HACCP Integration

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) was consistently integrated with Lean practices to enhance both safety and efficiency. In meat and poultry facilities, mapping critical control points alongside Lean workflows ensured that waste reduction efforts did not compromise food safety standards. By embedding HACCP principles into Lean processes, engineers were able to prevent contamination risks, reduce product recalls, and ensure compliance with regulatory frameworks. This integration demonstrates that quality assurance and operational efficiency can be synergistic rather than mutually exclusive.

Employee Engagement & Continuous Improvement

Across all cases, active involvement of production staff in Lean initiatives was crucial for sustainability of improvements. Kaizen activities and suggestion programs empowered employees to identify inefficiencies and propose corrective measures. In food processing plants, this engagement led to better handling of sensitive materials, fewer errors in portioning, and more consistent product quality. For a food engineer, this underscores that technological tools alone are insufficient; human capital is a vital component of successful Lean Quality Management.

RESULTS

In beverage and dairy production lines, the implementation of Lean Quality Management tools has led to significant operational improvements. Value Stream Mapping (VSM) streamlined workflows, reduced bottlenecks, and shortened processing times, while 5S workplace organization enhanced hygiene, facilitated quicker material retrieval, and lowered the risk of contamination. Just-In-Time (JIT) production minimized overproduction, preserved ingredient quality, and reduced inventory waste. Meanwhile, Statistical Process Control (SPC) ensured consistent product attributes and decreased faulty batch sizes through real-time monitoring. The integration of HACCP with lean practices strengthened safety measures, enabling proactive risk management and regulatory compliance. Furthermore, fostering a culture of continuous improvement through employee engagement and Kaizen empowered staff to identify inefficiencies, optimize procedures, and maintain high-quality standards across all processes.

Table 1.1. Comparison of Lean Quality Management in the Food Industry

Study	Lean Tools Applied	Key Results
Biscuit Manufacturing Case Study	Value Stream Mapping, 5S, JIT	• Scrap rate reduced from 15% to 4% • Productivity increased to 95.9%
TXM Lean Solutions – Food & Beverage Sector	5S, TPM, Lean Layout	• Waste reduced by 75 • Output increased by 50%
Tea Company Lean Implementation (UK)	Value Stream Mapping, 5S	• Significant waste reduction • Enhanced process efficiency
Fourth-Range Food SME (SME Company)	Value Stream Mapping, 5S, SPC, HACCP	• Cross-contamination risks minimized • Product decomposition prevented in work areas
Poultry Industry Lean & Sustainable Operations	Value Stream Mapping	• Waste reduction covering economic, social, and environmental aspects • Sustainable operations proposed
Bob's Red Mill Waste Reduction Strategy	Employee Engagement, Quick-Win Actions	• Significant food waste reductions achieved through education and company-wide engagement

CONCLUSION

There are significant advantages in terms of operational effectiveness, waste reduction, and quality assurance when Lean Quality Management concepts are used to the production of dairy and beverages. Just-In-Time (JIT) production, 5S workplace organization, and value stream mapping (VSM) are some techniques that optimize workflows, decrease bottlenecks, and lower inventory and material losses. Continuous product quality is guaranteed by statistical process control (SPC), while food safety and legal compliance are reinforced by HACCP integration. Additionally, proactive inefficiency detection and resolution are made possible by cultivating employee involvement and a culture of continuous improvement (Kaizen), which supports long-term operational excellence. Together, these methods not only improve output and resource efficiency but also help achieve long-term sustainability goals by cutting waste, protecting product quality, and coordinating production procedures with value as defined by the client.

To sum up, Lean Quality Management is a strategic strategy that balances quality, safety, and efficiency. It offers a thorough framework for reducing waste, making the most use of available resources, and guaranteeing constant product standards. Food manufacturing companies can increase production, improve customer happiness, and comply with regulations by combining lean principles with well-established quality management systems. This strategy not only improves operational performance but also cultivates a continuous improvement culture, putting businesses in a position to be sustainable and competitive over the long run in a sector that is becoming more and more demanding.

The originality of this study is in positioning Lean practices not merely as operational instruments but as enablers of QMS objectives.

By showing how Lean enhances QMS through waste reduction, real-time monitoring, and employee-driven improvements, this paper frames Lean Quality Management as a distinctive strategic model that extends beyond conventional quality systems.

REFERENCES

Balon, U., & Dziadkowiec, J. M. (2024). Lean management practices in food industry: Synergies between 5S steps and HACCP principles. Quality of the Future – the Future of Quality, 13–24.

Cabrera, J. L., Corpus, O. A., Maradiegue, F., & Álvarez, J. C. (2020). Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC, and HACCP in the food industry: A case study. South African Journal of Industrial Engineering, 31(4), 194–207.

Veseli, A., Bajraktari, A., & Trajkovska Petkoska, A. (2024). The implementation of lean manufacturing on zero waste technologies in the food processing industry: Insights from food processing companies in Kosovo and North Macedonia. Sustainability, 16(14), 6016.

Chen, C.-K., Palma, F., & Reyes, L. (2024). Lean Six Sigma approach to improve further processing efficiency in the food industry. Auburn University Electronic Theses and Dissertations.

Lehtinen, U., & Torkko, M. (2004). The lean concept in the food industry: A case study of contract manufacturing. Academia.edu.

Montoya, A. A., Kumar, M., Molnar, A., & Gellynck, X. (2012). Implementing lean and results: A study on small and medium-sized food enterprises in Europe. Scribd.

Rudra, L. (2023). Lean and quality management in the food industry. University of Central Missouri.

Soares, N. F. (2019). Lean HACCP: Integrating Lean principles into HACCP implementation and maintenance. Nuno F. Soares – Food Safety Specialist.

Wiley Online Library. (2018). Statistical process control for the food industry. Wiley Online Books.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TÜRKİYE'DE EKONOMİK POLİTİKA BELİRSİZLİĞİ VE ENFLASYON OLGUSU

Doç. Dr. Tacinur AKÇA
Ordu Üniversitesi, Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
ORCID: 0000-0002-4071-9525

ÖZET
Bir ülkede var olan ekonomik politika belirsizlikleri makro değişkenler üzerinde başat bir rol oynayarak bilhassa Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde birçok olumsuz etki yaratabilmektedir. Bu çalışmada ekonomik politika belirsizliklerinin enflasyon üzerindeki etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Baker, Bloom ve Davis (2016) çalışmalarında küresel ekonomik politika belirsizlik endeksini (GEPU) geliştirmişlerdir. Kılıç ve Balli (2024), Baker vd.'nin (2016) metodolojisini izleyerek Türkiye için yeni bir, ülkeye özgü ekonomik belirsizlik (ECSU) endeksi oluşturmuşlardır. Bu çalışmada ECSU endeksi kullanılarak ekonomi politik belirsizliği ile tüketici fiyatları artış oranları arasındaki ilişkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Veriler 2006 Ocak ayında başlayıp 2024 Aralık ayında son bulmaktadır. Değişkenlerin kısa ve uzun dönem ilişkilerin analizi için ARDL sınır testi (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) kullanılmıştır. Analiz bulgularında Türkiye'de enflasyon ile ekonomik politika belirsizliği arasında uzun dönemde bir ilişki tespit edilemezken kısa dönemde bu ilişkinin varlığı kabul edilmiştir. Kısa dönem katsayıları incelendiğinde, politika belirsizlik katsayısındaki %1'lik bir artışın enflasyon oranlarında %0,97'lik bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Sonuçlar gösteriyor ki Türkiye'de özellikle kısa dönemde yaşanan politik belirsizliklerinin enflasyonda yükselmelere neden olduğu, ele alınan dönem itibariyle bakıldığında 2008 ABD Krizi, 2017 yılında Türkiye'de gerçekleştirilen anayasa değişikliği referandumu, ABD-Çin ticaret savaşları, Covid-19 salgını, Rusya-Ukrayna Savaşı gibi gerek ulusal gerekse uluslararası yaşanan şoklar ve benzeri gelişmeler, Türkiye'nin hem gelişmekte olan bir ülke olması hem de kırılgan bir ekonomik yapıya sahip olması, enflasyon gibi makroekonomik faktörlerin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Ekonomik Politika Belirsizliği, Enflasyon, ARLD Analizi

ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY AND INFLATION IN TÜRKİYE

ABSTRACT
Economic policy uncertainties play a dominant role in macro variables and can have many negative effects in a country, especially in developing countries such as Türkiye. In this study, the effect of economic policy uncertainties on inflation was examined. Baker, Bloom, and Davis (2016), in their study, developed the global economic policy uncertainty index (GEPU). Kılıç and Balli (2024) constructed a new country-specific economic uncertainty (ECSU) index for Türkiye following the methodology of Baker et al. (2016). In this study, the relationship between political economy uncertainty and consumer price increase rates was tried to be determined by using the ECSU index. The data starts in January 2006 and ends in December 2024. ARDL bounds test (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) is used to analyze the short and long run relationships of the variables. The findings of the analysis show that there is no long-run relationship between inflation and economic policy uncertainty in Türkiye, while the existence of this relationship is accepted in the short-run. In the short-run coefficients, it was found that a 1% increase in the policy uncertainty coefficient leads to a 0.97% increase in inflation rates.

The results show that political uncertainties in Türkiye, especially in the short run, cause an increase in inflation, and that the 2008 USA Crisis, the constitutional amendment referendum held in Türkiye in 2017, the USA-China trade wars, the Covid-19 pandemic, the Russian-Ukrainian War and similar developments, as well as the fact that Turkey is both a developing country and has a fragile economic structure, cause macroeconomic factors such as inflation to be negatively affected.
Keywords: Economic Policy Uncertainty, Inflation, ARDL Method

1. GİRİŞ

Küreselleşmeyle birlikte dünyanın herhangi bir yerinde yaşanan gerek siyasi gerekse ekonomik gelişmeler diğer ülkeleri de etkisi altına almaktadır. Özellikle ekonomisi büyük, gelişmiş ülkelerde yaşanan herhangi bir olumsuzluk diğer dünya ülkelerini de olumsuz olarak etkilemektedir. Binaenaleyh uygulanan ekonomi politikalarında belirli bir rota belirlenirken bu çerçevede ülkenin kendi çıkarları doğrultusunda uygun politikalar devreye sokulmaktadır. Yaşanan krizler, savaşlar, sağlık sorunları ya da doğa olayları gibi birçok neden ekonomide büyük belirsizliklere yol açabilmektedir. Yaşanan gelişmelerin insan davranışlarını etkisi altına almasından ve hem tüketicilerin hem de üreticilerin bu yönde kendilerini koruma güdüsünden dolayı çeşitli önlemler aldığı görülmektedir. Ülkenin yapısı gereği daha kırılgan olması durumunda ise yaşanan belirsizliğin boyutlarını da o ölçüde değiştirebilmektedir. Ekonomik teorideki hâkim düşünce yapısı, belirsizliklerin ekonomiyi genel olarak negatif olarak etkilediğidir. Ülke genelinde artan belirsizliklerin özellikle makro değişkenler üzerinde doğrudan etkisi olmaktadır. Türkiye gibi kırılgan bir yapıya sahip ülkede, bu etki daha belirgin ve daha yıkıcı sonuçlar doğurabilmektedir.

Belirsizlik seviyesinin ölçümü ile ilgili çeşitli bilim adamları ya da kuruluşlar tarafından farklı hesaplamalar kullanılmıştır. Bunlardan bazıları;

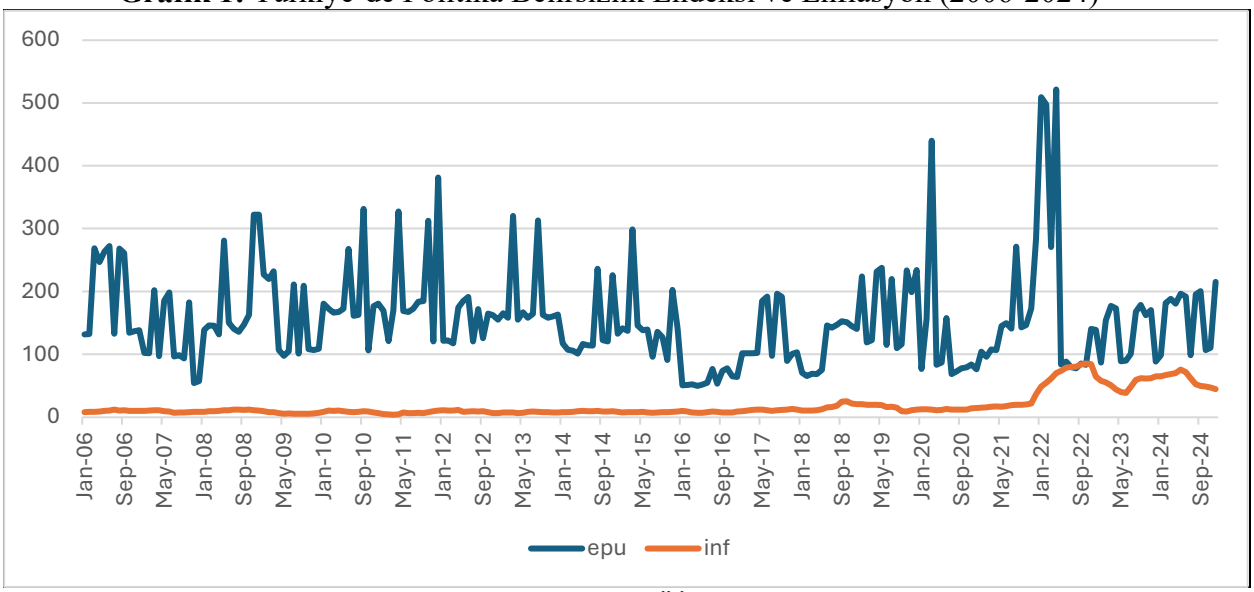
-Chicago Board Options Exchange Volatility Index (VIX)
-Ekonomi Politikası Belirsizlik Endeksi- Baker vd. (2016)
-Tüketici Anketleri
- Siyasi Belirsizlikler

VIX endeksi, diğer adıyla volatilite endeksi olarak bilinin (korku endeksi olarak da bilinmektedir), CBOT Chicago board of Trade'de işlem gören ve S&P 500 içerisindeki opsiyonların alış ve satışları arasındaki orta nokta üzerinde gerçek zamanlı olarak fiyat değişimlerinin yansıtan bir endeks türüdür. VIX endeksi 30 ve üzerinde ise genellikle riskin ve belirsizliğin arttığını (volatilitenin yükseldiği), 20 ve altında ise riskin düşük olduğunu (volatilitenin düşüklüğü) göstermektedir.

Baker, Bloom ve Davis (2016), yayınladıkları makalede ekonomik politika belirsizliğine ait bir endeks hesaplamak amacıyla ABD'de 12.000 gazete haberini incelemişler ve ekonomik politika belirsizlik endeksini (EPU) oluşturmuşlardır. Baker vd. (2016), hesaplamış oldukları EPU endeksi gelişmiş ülkelere özgü bir hesaplama olduğu için, Kılıç ve Balli (2024), Baker vd. (2016) metodolojisini izleyerek Türkiye için yeni bir ülkeye özgü ekonomik belirsizlik (ECSU) endeksi oluşturmuşlardır. Bu çalışmada ECSU endeksi kullanılmış olup, bu endeksin tüketici fiyatları artış oranlarıyla ilişkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın kapsamı 2006 ve 2024 dönemi için aylık olarak tercih edilmiştir. Analiz metodu olarak ARDL sınır testi kullanılmıştır. Bu sayede hem uzun dönem hem de kısa dönem katsayılar hesap edilip tüketici fiyatları ve belirsizlik endeksi arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır.

Grafik 1: Türkiye'de Politika Belirsizlik Endeksi ve Enflasyon (2006-2024)



Kaynak: TÜİK

2.LİTERATÜR

Ekonomi literatüründe belirsizliğin makro değişkenler üzerindeki etkileri sık incelenen konulardan biri olmuştur. Özellikle ülkelere özgü endeksler hesap edilerek farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bilim adamları yaşanan ekonomik belirsizliklerin makro ekonomik değişkenler üzerindeki etkisinin olumsuz olduğu konusunda hemfikir olmuşlardır.

Cukierman, Edwards ve Guido (1992), 70 ülke üzerinde yaptıkları çalışmada siyasi istikrarsızlığın senyorajla pozitif bir ilişkisi olduğunu tespit etmiştir. Grier vd. (2004), yaptıkları çalışmada 1947-2000 döneminde, ABD'de artan büyüme belirsizliğinin önemli ölçüde daha düşük ortalama büyüme ile ilişkili olduğunu, daha yüksek enflasyon belirsizliğinin ise daha düşük çıktı ve daha düşük ortalama enflasyon ile önemli ölçüde negatif korelasyona sahip olduğunu tespit etmiştir. Hem enflasyon hem de büyüme, eşit büyüklükteki olumlu ve olumsuz şoklara karşı önemli ölçüde asimetrik tepki göstermektedir. Aisen ve Veiga (2008), 100 ülkeyi kapsayan çalışmalarında daha düşük ekonomik özgürlüklerin ve daha yüksek siyasi istikrarsızlığın, ideolojik kutuplaşma ve siyasi sistemin parçalanmasının daha değişken enflasyon oranlarına yol açtığı tespitinde bulunmuştur. Jones ve Olsaon (2013) ABD'de, 1980 yılına kadar makroekonomik belirsizlik ile enflasyon arasındaki ilişkinin negatif yönlü olduğunu,1990'ların sonu 2000'li yılların başında ise beklenmedik bir halde pozitife döndüğünü belirlemişlerdir. Istiak ve Alam (2019), ABD üzerine yaptığı çalışmada 2008 Kriz sonrası dönemde, petrol fiyatı ve politika belirsizliğinin enflasyon beklentileri üzerinde olumlu ve olumsuz şoklar ile finansal kriz öncesi ve sonrası dönemler için asimetrik etkiler ortaya koyduğu sonucuna ulaşmıştır. Huang ve Luk (2020), Çin üzerine yaptıkları çalışmada 2000-2018 döneminde belirsizliklerdeki artışların çıktı ve istihdam gibi reel ekonomik faaliyetleri gerçekten de baskıladığını tespit etmiştir. Athari vd. (2022) Japonya üzerine yapmış olduğu çalışmada, ekonomik politika belirsizliğinin enflasyonun temel bir öngörücüsü olduğunu ve ekonomik politika belirsizliğinin farklı dönemlerde ve frekanslarda enflasyona yol açtığı sonucuna varmışlardır. Silva ve Araújo (2023), 19 ülke için, Merkez Bankalarından toplanan verileri derleyerek yaptıkları analizde, COVID-19'un ekonomik belirsizlik algısının tahmini üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve pandemiyle ilişkili belirsizliklerin enflasyon üzerinde hızlandırıcı etkisinin arttığını tespit etmiştir.

Kadooğlu Aydın ve Münyas (2024), G7 ülkeler bazında küresel ekonomi politika belirsizliği endeksinde yaşanan artışların enflasyon üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğunu ve ekonomik ortamda politika belirsizliğinin enflasyonist baskılar yarattığını ve ekonomik istikrarı olumsuz etkilediğini vurgulamışlardır.
Türkiye üzerine yapılan çalışmalarda ise diğer ülkelerle ve ülke guruplarıyla yapılmış olan çalışmalarla benzer sonuçlar içeren bulgular tespit edilmiştir. Şahinöz ve Erdoğan (2020), Türkiye üzerine yaptıkları çalışmada belirsizliğin ekonomik faaliyet üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ve belirsizliğin en ciddi etkilerinin yatırımlarda görüldüğünü tespit etmiştir. Gürsoy (2021), Türkiye üzerine yaptıkları çalışmada GEPU endeksinden hem dolar hem de Euro döviz kurları üzerinde pozitif bir nedensellik etkisi görülürken diğer değişkenler üzerinde herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı tespitinde bulunmuştur. Aytaç ve Saraç (2022), Türkiye üzerine yaptıkları çalışmanın analizi sonucunda Kolombiya, Şili ve Brezilya'da kısa dönemde enflasyon, faiz oranları ve ekonomi politikası belirsizlik endeksi arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna varmıştır. Karagöl (2023), aralarında Türkiye'nin de bulunduğu yedi ülke için yaptıkları analizde, küresel ekonomik politika belirsizliğinin ülkelerin tamamında gıda enflasyonuna doğru zamanla değişen nedensellik ilişkilerinin varlığını tespit etmiştir. Kılıç ve Balli (2024), Türkiye'ye özgü yaptıkları çalışmada Türkçe basında beklenmedik bir belirsizlik artışının, endüstriyel üretim, istihdam ve ticaretteki düşüşlerle ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Tümtürk ve Kırca (2024), Türkiye için yaptıkları analizde ekonomi politik belirsizlikteki artışların enflasyonu artırıcı etki yarattığı sonucuna ulaşmışlardır.

2.VERİ VE ANALİZ METODU

Tüketici fiyat endeksi ve ekonomik politika belirsizliği arasındaki ilişkiyi belirlemek amaçlı ARDL sınır testi (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) kullanılmıştır. Veriler aylık olup başlangıç tarihi Ocak 2006, bitiş tarihi ise 2024 Aralık ayıdır. Enflasyon oranları Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası resmi veri yayınlama sitesinden, belirsizlik endeksi ise Federal Reserve Economic Data internet sitesinden temin edilmiştir. Değişkenlerin logaritmik dönüşümleri alınarak ilk aşamada geleneksel ADF (Augmented Dickey Fuller) birim kök testi uygulanmıştır. Değişkenlere ait tanımlayıcı ve istatistiki bilgilere Tablo 1 ve Tablo 2'de yer verilmiştir.
Tüketici enflasyonu ve politika belirsizlik endeksi ilişkisinde kurulan denklem;

$$Lninf_t = \alpha_0 + \alpha_1 lnepu_t$$

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımı

Değişken	**Sembol**	**Kaynak**
Enflasyon Oranı	inf	TCMB
Ekonomik Politika Belirsizlik Endeksi	epu	FRED

Tablo 2: Değişkenlerin İstatistiksel Tanımlamaları

	inf	**epu**
Ortalama	18.46386	155.2079
Medyan	10.02152	141.6541
Maksimum	85.51479	521.2946
Minimum	3.986038	49.90360
Std.Hata	19.92063	77.88396
Çarpıklık	1.994582	1.823943
Kurtosis	5.643905	8.058527
Jarque-Bera	217.5848	369.5098
Olasılık	0.000000	0.000000
Gözlem Sayısı	228	228

3.ANALİZ SONUÇLARI

Analizin ilk aşamasında değişkenlerin durağan olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Tablo 3 ADF birim kök test sonuçlarını göstermektedir. Durağanlık testi sonucunda enflasyon oranı düzey değerde durağan olmayıp birinci farkında durağan hale gelmektedir. Politika belirsizlik endeksi ise düzey değerinde durağan haldedir.

Tablo 3: ADF Birim Kök Test Sonuçları

	Sabitli		**Sabitli ve Trendli**	
Değişkenler	**Düzeyde**	**1.Fark**	**Düzeyde**	**1.Fark**
lninf	0.9996	0.0003	0.8856	0.0002
lnepu	0.0000	0.0000	-	-

Tablo 4 ARDL analizi için gerekli olan temel istatistiki test sonuçlarını göstermektedir. Analiz sonuçlarında oluşturulan regresyon denklemi için otokorelasyon ve heteroskedastisite sorunlarının olmadığı, serilerin normal dağıldığı görülmektedir.

Tablo 4: ARDL Sınır Testi ve Tanı Testlerinin Sonuçları

Test	**F-Statistic**	**%5 Critical Value**
ARDL Bounds	21.50925	4.16
Breusch-Godfrey Serialcorrelation	10.70598	0.0000
Breusch-Pagan-Godfrey Heteroskedasticity	3.287849	0.0001
Jargue-Bera Normality	2270.045	0.0000
Ramsey Reset	1.899533	0.0589

Tablo 5: ARDL Tahmin Sonuçları (12,1)

Uzun Dönem Katsayıları				
Değişken	**Katsayı**	**St.Hata**	**t-İstatistiği**	**Olasılık Değeri**
Lninf(-1)	-1.044335	0.130053	-8.030063	0.0000*
Lnepu	0.294820	0.367006	0.803311	0.4227
C	-1.245302	1.812557	-0.687041	0.4929
Kısa Dönem Katsayıları				
Değişken	**Katsayı**	**St.Hata**	**t- İstatistiği**	**Olasılık Değeri**
Lninf(-1)	0.530133	0.116737	4.541273	0.0000*
Lnepu	0.979568	0.320292	3.058355	0.0025*
CointEq(-1)	-1.044335	0.129362	-8.072980	0.0000*

* %5 istatistik düzeyine göre anlamlılığı işaret etmektedir.

Tablo 5'te ARDL analizi sonucunda elde edilmiş olan kısa ve uzun dönem katsayıları yer almaktadır. Uzun dönem analiz sonuçlarında değişkenler arasında uzun dönem bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Kısa dönem analiz sonuçlarında ise, kısa dönem katsayısının (ECT) negatif ve olasılık değerinin 0.005'ten küçük olması (istatistiki anlamlılık düzeyinde) uzun dönemde oluşabilecek sapmaların kısa dönemde birbirine yakınsayacağı tespit edilmiştir. Kısa dönem katsayıları incelendiğinde, politika belirsizlik katsayısındaki %1'lik bir atışın enflasyon oranlarında %0,97'lik bir artışa yol açacaktır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada tüketici fiyat artış oranları ve ekonomik politika belirsizlik endeksi arasındaki ilişki ARDL metodu ile incelenmiştir. Elde edilen bulgularda Türkiye 2006 ve 2024 döneminde tüketici enflasyonu ile ekonomik politika belirsizliği arasında uzun dönem ilişki tespit edilemezken kısa dönemde ilişkinin varlığı kabul edilmiştir. Kısa dönem sonuçlarında ekonomik politika belirsizliğindeki %1'lik artış tüketici enflasyonunda %0,97'lik bir atışa neden olmaktadır. Özellikle Türkiye üzerine yapılan çalışmalarda olduğu gibi ekonomik politika belirsizliğindeki artışların makro ekonomik değişkenleri olumsuz etkilediği konusunda elde edilmiş olan çalışmalarla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Ele alınan dönem itibariyle özellikle 2002 ve sonrasında siyasi olarak belirsizliklerin azaldığı bir dönem olmasının, enflasyon oranlarında belirli bir istikrarın yaşanmasında önemli bir etkisin olduğu düşünülmektedir. Türkiye'nin hem gelişmekte olan bir ülke olması hem de ekonomik yapısının kırılgan olması dolayısıyla özellikle makro değişkenlerde istikrar sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Bundan ötürü gerek dış şoklar gerekse ülke içerisinde yaşanan olumsuzluklar Türkiye'de ekonomik göstergeler üzerinde doğrudan bir etki yaratmaktadır. 2008 ABD Krizi, 2017 yılında gerçekleşmiş olan anayasa değişikliği referandumu, 2019 ve sonrasında yaşanmış olan COVİD-19 salgını, ABD-Çin ticaret savaşları, Rusya-Ukrayna Savaşı gibi faktörler ekonomik olarak Türkiye'yi olumsuz etkilemiştir. Belirsizliklerin azalması hem fiyat istikrarının hem de tüketici ve üretici güveninin sağlanması yolunda önemli bir etken olarak görülmektedir.

Ekonomik politika belirsizlik endeksi farklı bilim adamları tarafından farklı ölçüm hesaplamaları kullanılarak hesap edilmiştir. Türkiye'de resmî kurumlar tarafından (TÜİK vb.) bilim adamları ile iş birliği içerisinde bu endeksin hesaplanmasıyla ilgili çalışmalar başlatılabilir.

Diğer yandan Türkiye'de tarihsel tecrübeler göstermiştir ki yaşanan siyasi krizler piyasalarda negatif bir etki yaratarak hem hane halklarında hem de firma davranışlarını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Bu açıdan bakıldığında Türkiye'de belirsizliklerin ekonomi üzerindeki etkilerinin tespitinde resmi verilerin olması gelecek tahminleri açısından önem arz etmektedir. Diğer yandan Türkiye'de belirsizlikleri azaltmaya yönelik politikaların enflasyonun düşürülmesi konusunda hem kısa hem de uzun vadede olumlu etki yaratacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Ari Aisen, Ari, Veiga &Francisco, José. (2008). Political Instability and Inflation Volatility. *Public Choice, Vol. 135, No. 3/4,* pp. 207-223.

Athari, S. A.& Kırıkkaleli, D., Yousaf, I.& Ali, S. (2022). Time and frequency co-movement between economic policy uncertainty and inflation: Evidence from Japan. *Journal of Public Affairs, 22*, e2779. https://doi.org/10.1002/pa.2779

Aytaç, D. & Saraç T.B. (2022). Economic Policy Uncertainty, Interest Rates and Inflation: Evidence from Selected Latin American Emerging Markets. *Journal of Emerging Economies and Policy, 7(2),* 578-590.

Baker, S., Bloom, N., & Davis, S. (2016). Measuring Economic Policy Uncertainty. *Chicago Booth Paper,* No: 13-02.

Bloom, N. (2009). The Impact of Uncertainty Shocks. *Econometrica, 77(3),* 623-685.

Cukierman, Alex & Edwards, Sebastian & Tabellini, Guido, 1992 Seigniorage and Political Instability. *The American Economic Review, Vol. 82, No. 3*, pp. 537-555.

Dickey, D.A. & Fuller W.A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Seres with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association, 74, 366, ss.427 431.

Grier, K.B. & Henry, Ó. T. & Olekalns, N. & Shields, K. (2004). The Asymmetric Effects of Uncertainty on Inflation and Output Growth. *Journal of Applied Econometrics, Vol.19*, pp.551-565.

Gürsoy, S. (2021). Küresel Ekonomik Politik Belirsizliğin (GEPU) Döviz Kuru, Enflasyon ve Borsa Etkisi: Türkiye'den Kanıtlar. *Journal of Vocational and Social Sciences of Turkey, Yıl: 3, Sayı: 5,* Nisan 2021, s.120 131.

Huang, Y., Paul Luk, P. (2020). Measuring Economic Policy Uncertainty in China. *China Economic Review, Vol.* 59, 101367, ISSN 1043-951X, https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.101367.

Istiak, K. & Alam, Md.R. (2019). Oil Prices, Policy Uncertainty and Asymmetries in Inflation Expectations. *Journal of Economic Studies, 46 (2),* pp.324–334.

Jones, P. M. & Olson, E. (2013). The time-varying correlation between uncertainty, output, and inflation: Evidence from a DCC-GARCH model. *Economics Letters, Vol.118(1),* pp.33-37.

Kadooğlu Aydın, G., & Münyas, T. (2024). Küresel Ekonomi Politika Belirsizliğinin G7 Ülkeleri Enflasyon Davranişlari Üzerindeki Etkisi ve Nedenselliği. *Beykoz Akademi Dergisi*, *12(2),* 1-31. https://doi.org/10.14514/beykozad.1322239

Karagol, V. (2023). Ekonomik Politika Belirsizliğinin Gıda Fiyatlarına Etkisi: Seçilmiş Ülkeler İçin Zamanla Değişen Nedensellik Analizi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi - Journal of Economic Policy Research, 10(2),* pp.409-433. https://doi.org/10.26650/JEPR1212094

Kılıç, I. & Balli, F. (2024). Measuring economic country-specific uncertainty in Türkiye. *Empirical Economics, 67,* pp.1649–1689. Available at: https://doi.org/10.1007/s00181-024-02594-z

Silva, P.H.N. & Araújo, J.M. (2023). Inflation, perception of economic uncertainty and COVID-19: Evidence from Central Bank communication. *Central Bank Review, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey, vol. 23(1).*

Sahinoz, S.& Erdogan Cosar, E. (2020). Quantifying uncertainty and identifying its impacts on the Turkish economy. *Empirica, Vol.47,* pp.365–387.

Tümtürk, O. & Kırca, M. (2024). Belirsizliklerin Enflasyon Üzerindeki Etkisinin Zamanla Değişen Nedensellik Yöntemiyle Analizi: Türkiye Örneği. *Fiscaoeconomia, 8(1),* 222-243. Doi: 10.25295/fsecon.1378532

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ANALYSIS OF MARITIME OFFICERS' AWARENESS AND CONFIDENCE LEVELS REGARDING NEXT-GENERATON NAVIGATION TECHNOLOGIES: A CLUSTER AND FACTOR ANALYSIS APPROACH

Assoc. Prof. Mehmet KAPTAN
Recep Tayyip Erdogan University, Turgut Kiran Maritime Faculty, Maritime Transportation and Management Engineering Department
ORCID: 0000-0003-3304-4061

ABSTRACT
This study aims to analyse maritime officers' awareness and confidence levels regarding next-generation navigation technologies, identifying factors that influence their adoption of these technologies. The research was conducted with 100 maritime officers aged 20–50+, serving in various roles and on different vessel types. Participants' technology awareness and confidence levels were measured via a survey, and the data were analysed using descriptive statistics, K-means cluster analysis, and factor analysis. Cluster analysis classified participants into three groups: "High Awareness & High Confidence," "Moderate Awareness & Moderate Confidence," and "Low Awareness & Low Confidence." Factor analysis was employed to determine the key dimensions of perceived confidence. The majority of participants (84%) were aged 20–30 and had limited experience in maritime activities. Awareness was highest for Augmented Reality Navigation System (AR) and Navi-Planner (33%) and lowest for Digital twins (15%). Confidence levels across all technologies were predominantly concentrated in the "moderately confident" category. Cluster analysis revealed that high awareness generally coincides with high confidence. Factor analysis indicated that confidence is primarily explained by a "General Technology Confidence" factor. In contrast, the "System-Based Differentiation" factor reflects higher confidence in AR and lower confidence in Digital twins. The findings suggest that young, early-career maritime officers generally have a high overall confidence in technology, though system-specific differences exist. This highlights the importance of enhancing promotion and training activities for next-generation technologies, particularly digital twin-based solutions.
Keywords: Maritime Transportation, Navigation Technologies, Technology Awareness, Cluster Analysis, Factor Analysis

INTRODUCTION
The maritime sector is one area where the impacts of technological advancements on operational safety, efficiency, and human factors are most clearly felt (Mišković et al., 2018). Innovations such as augmented reality (AR)-based navigation solutions, artificial intelligence-supported situational awareness systems, advanced route planning software, and digital twin technologies are radically transforming the decision-making processes of officers working on the ship's bridge (Frydenberg et al., 2021; Lv et al., 2023). Although such technologies have become widespread in international maritime transport in recent years, human-centred variables such as user awareness and trust in these systems have not been adequately examined (Jeon & Theotokatos, 2024; van den Oever et al., 2025). This shortcoming underscores the need for a comprehensive evaluation of not only technological innovations but also the human factors that drive them. Because human-technology interaction is a crucial factor in maritime safety and operational efficiency, reviewing existing academic studies is essential for establishing the theoretical basis of this research.

In this context, understanding the findings and limitations of previous studies will clarify the study's unique contribution and help shape the research questions.

Past studies have indicated that human factors play a critical role in the development of maritime technologies. (Chan et al., 2022)have revealed that while automation and digitalisation facilitate bridge operations, they also bring risks such as overconfidence, decreased alertness, and loss of situational awareness. (Kaptan et al., 2021) emphasises that a significant portion of ship accidents still result from human errors, and that these errors are directly related to the use of technology, training level, and task load. Furthermore, (Panari et al., 2021) argue that not only technical competencies but also organisational culture and management support are decisive in the adoption of new systems. Recent studies (Li et al., 2023) demonstrate that user trust perception is a critical element in the technology adoption process, particularly in autonomous and semi-autonomous ship operations. However, studies that consider both awareness and trust dimensions together and analyse them using multivariate statistical methods are pretty limited.

Existing literature has focused mainly on the technical performance, system accuracy, or engineering-based optimisation of these technologies (Munim et al., 2025). However, the adoption of technologies by maritime officers is influenced by multidimensional factors, such as experience, educational level, duty position, and the type of ship on which they work (Vojković et al., 2024). Furthermore, the few previous studies have generally focused on a single technology, with limited samples and basic descriptive statistics. A systematic assessment using multivariate statistical methods (such as clustering and factor analysis) that considers awareness and trust perception together is a significant gap in the literature.

This study aims to examine the perception of current navigation technologies by maritime officers along two principal axes: (i) awareness level and (ii) trust level. In this context, we aim to identify user groups with similar perception profiles using K-means cluster analysis and to uncover the key dimensions affecting trust levels using factor analysis. This aims to develop scientifically based recommendations for both the design of training and certification processes and the integration strategies of new technologies on the bridge.

The study's unique contribution lies in its integration of user-based awareness and confidence measurements, utilising a dataset encompassing various navigation technologies, combined with multivariate analysis techniques. This approach represents a methodological combination rarely employed in the literature, allowing for the direct transfer of results to sectoral practices.

The study is structured as follows: The second section describes the data collection method and analysis techniques; the third section presents the findings; and the fourth section discusses the implications for the sector, conclusions, and future research recommendations.

Next-Generation Navigation Technologies Used in Maritime

Today, the maritime industry is rapidly digitising and turning to next-generation technologies to ensure safe, efficient, and sustainable operations. Augmented reality (AR), artificial intelligence (AI), digital twins, and innovative software solutions are among the leading technological advancements in modern navigation activities. This section examines some of the current applications that are being increasingly adopted in the industry, making significant contributions to navigational safety and operational efficiency.

Augmented Reality Navigation System: AR-based navigation system integrates artificial intelligence and augmented reality technologies to provide significant support for ship bridge operations. In the system, images obtained from a camera mounted on the ship's bow are projected onto a screen, visualising all necessary navigational information through the AR interface. Especially in adverse weather conditions or low visibility, the routes of other vessels and critical navigational data are clearly identified and displayed on the screen. This increases watchkeeping officers' situational awareness, enhances navigational safety, and reduces operational stress.

Artificial intelligence AI: AI is an innovative system that uses artificial intelligence and computer vision technologies to enhance safety in ship operations. The system improves environmental awareness in areas with low visibility or heavy maritime traffic and reduces crew workload through automatic target detection, alert generation, and prioritisation. This minimizes risks arising from human error and reduces operational costs by improving fuel efficiency.

Navi-Planner: Navi-Planner software is an advanced digital solution that provides speed and efficiency in navigation planning. The system helps determine the safest and most economical routes while also considering parameters such as weather forecasts and fuel optimisation. This allows navigation planning to be completed significantly faster than with manual methods. The system also detects abnormal ship behaviour, generates warnings, and shares estimated arrival times with relevant port authorities. Its user-friendly interface reduces crew workload and increases operational efficiency.

Digital twins: platform enables the virtual modelling of ships using digital twin technology. This virtual replica, created using real-time data, continuously monitors the ship's performance and enables early detection of potential malfunctions. This allows more effective maintenance planning, increased operational efficiency, and reduced fuel consumption. This digital twin-based approach stands out as a significant innovation in the maritime industry, offering both enhanced safety and sustainability.

METHOD

Material

This research was conducted to determine the awareness levels of current navigational technologies among navigational officers working in the maritime sector and their perceptions of trust in these technologies. A structured survey was administered via Google Forms between March 2025 and May 2025, and a total of 100 navigational officers participated. The research employed a case study method. A case study is considered an empirical method that examines a contemporary phenomenon within a real-life context. The study was limited to Turkish officers, and the companies where the participants worked could be Turkish or foreign-based. The survey used as the data collection tool was developed using current technologies developed or in the process of being developed by companies focusing on navigational technologies in the maritime sector, as well as sectoral information pools. The primary focus of the survey was awareness and trust in navigational technologies; it also provided a broader profile of participants' opinions and preferences using different scales. The personal information section of the survey included five questions addressing the descriptive and demographic characteristics of the participating navigational officers. The study section surveyed officers' confidence and usability levels regarding four different technological innovations. All questions were prepared on a five-point Likert scale (completely trust – trust – moderately trust – minimal trust – not at all trust).

Evaluation of Data

Survey data collected as part of the research were evaluated using a three-stage statistical method to reveal participants' awareness and confidence levels regarding current navigation technologies. In the first stage, Frequency Analysis (Descriptive Statistics) was used to examine the demographic characteristics of the sample group and the distribution of key variables. This analysis revealed general trends regarding participants' awareness and confidence levels, as well as characteristics such as age range, length of service at sea, and duty position. The SPSS (22.0) package program was used for all statistical analyses.

In the second stage, Cluster Analysis (K-means) was applied to group participants according to similar characteristics and tendencies. This method enabled the separation of multidimensional data into a specific number of homogeneous clusters, facilitating a comparative examination of the perceptions of maritime officers with different profiles regarding navigation technologies.

In the final stage, Factor Analysis was conducted to reveal the underlying dimensions affecting confidence levels. Factor analysis yielded a smaller number of principal components (factors) that explain the relationships between a large number of observed variables, thereby statistically defining the structural dimensions that determine participants' perceptions of confidence. By using these three methods together, the descriptive characteristics of the data were clarified, and similarities and differences among participants were systematically identified. Furthermore, by identifying the key factors influencing trust levels, scientific implications regarding the acceptance and effective use of navigational technologies in the maritime sector were obtained.

Frequency Analysis (Descriptive Statistics)

The descriptive characteristics of the data obtained in the study were first examined. For this purpose, descriptive statistics were applied to reveal the distribution of the data. Frequency analysis is crucial for understanding the sample structure by determining the number and proportion of observations for a variable, as well as laying the groundwork for advanced statistical techniques (Cooksey, 2020). For nominal-scale variables (e.g., age range, job position), frequency (f) and percentage (%) values were calculated. Percentage rates were obtained using the following Equation (1):

$$\% = \frac{f_i}{N} x100 \qquad (1)$$

Here, f_i represents the frequency value in the relevant category and N represents the total number of misses.

Cluster Analysis (K-means)

K-means clustering analysis is a statistical method based on unsupervised learning (Saxena et al., 2017). that separates data into a predetermined number of k clusters based on their similarity levels. The primary goal is to increase similarity within clusters and maximise dissimilarity between clusters. In this context, observations belonging to the same cluster are positioned as closely as possible to each other, while observations in different clusters are placed as far apart as possible. The method's operation can be explained in the following steps:

Initial Cluster Centre Selection: A predetermined number of k centroids are randomly selected. Assignment Step: Each observation $x_i$is assigned to the cluster according to its Euclidean distance from the nearest centre mu_jusing Equation (2):

$$C_i = argmin_{\{j\}|}x_i - \mu_j|^2 \qquad (2)$$

Updating Centers: The new center of each cluster is calculated as the arithmetic mean of the observations belonging to that cluster with Equation (3):

$$\mu_j = \frac{1}{C_j}\sum_{x_i \epsilon C_j} x_i \qquad (3)$$

Repetition: The assignment and update steps are repeated until the cluster centres are fixed or the improvement stops. The K-means algorithm minimises the Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) criterion to measure clustering quality with Equation (4):

$$WCSS = \sum_{j=1}^{k}\sum_{x_i \in c_j}\|x_i - \mu_i\| \qquad (4)$$

The purpose of this study is to ensure that clusters are far apart. In this study, the K-means method was applied to the variables of technology awareness and trust (1–5 Likert scale). The analysis identified three clusters:

• Cluster 0: High awareness & high trust
• Cluster 1: Medium awareness & medium trust
• Cluster 2: Low awareness & low trust

These clusters were compared in terms of both demographic characteristics and technology perception. The method is an effective tool for identifying homogeneous subgroups and developing policy and education strategies specifically for these groups. (Jain, 2010)

Factor Analysis Method

Factor analysis holds a significant place among multivariate statistical methods, aiming to explain correlations between observed variables through a smaller number of latent factors (Yanai & Ichikawa, 2006). This method is particularly used to reveal the underlying dimensions of highly correlated variables and in data reduction processes (Goodman et al., 1979).

The basic mathematical expression of the factor analysis model is defined as Equation (5):

$$X = \Lambda F + \varepsilon \qquad (5)$$

X is a vector containing the observed and standardised variables, and its dimension is X: p×1. The Λ (Lambda) matrix, which displays the factor loadings, has a dimension of p × m. The F vector, representing the common factors, has a dimension of m×1 and explains the relationships between the observed variables. The ε vector, containing the error terms, represents the variance specific to each observed variable.

This equation shows that each observed variable can be modelled as a linear combination of the common factors and the sum of the measurement errors.

The covariance structure between the variables is obtained by Equation (6) as follows:

$$\Sigma = \Lambda \Phi \Lambda^T + \Psi \quad (6)$$

Σ represents the covariance matrix of the observed variables. The Φ matrix, which shows the covariances among factors, is generally considered the identity matrix, especially after rotation. The Ψ matrix, which contains the error variances, is defined as a diagonal matrix and represents the variance specific to each variable (Lawley & Maxwell, 1962). (Lawley & Maxwell, 1962). This formulation enables the fundamental purpose of factor analysis, namely, to decompose factor loadings and error terms to explain the common variance among observed variables. Thus, factor analysis contributes to the identification of latent dimensions by revealing the underlying structure of observed variables (Zientek, 2008).

FINDINGS

This section will present the descriptive statistics, cluster analysis, and factor analysis results of the data obtained within the scope of the study in detail. The analyses aim to explain the participant profile and the fundamental dimensions of awareness and trust perceptions regarding navigation technologies.

Descriptive Statistics

Descriptive statistics indicate that the majority of participants are young and have little seafaring experience. The age distribution is predominantly 84.16%, with the 20–30 age group accounting for 11.88%, the 40–50 age group for 2.97%, and only 0.99% over 50. In terms of sea service experience, 84.16% of participants have 1–5 years of experience. Those with 5–10 years of experience account for 9.90%, 10–15 years 3.96%, and over 15 years 1.98%. In terms of job descriptions, the Oceangoing Watchkeeping Officer holds the highest percentage at 50.50%, followed by the Oceangoing Chief Officer (42.57%) and the Master (6.93%). In terms of ship type, tankers account for 58.42%. 28.71% of the workforce consists of dry cargo ships, 9.90% of the workforce consists of container ships, 1.98% of the workforce consists of RO-RO ships, and 0.99% of the workforce consists of other types of ships. As the figure shows, the participant profile consists of young officers with limited seafaring experience, mostly tankers. This demographic structure suggests that the study findings reflect the approach to technology, particularly among young and early-career seafarers.

K-means clustering analysis

In this study, technology awareness and trust levels were evaluated together, and three clusters were created using the K-means algorithm. The mean values and descriptive characteristics of each cluster are presented in Table 1.

Table 1. K-means clustering analysis results

Cluster	Awareness				Trust				
	AR	AI	Navi-Planner	Digital twins	AR	AI	Navi-Planner	Digital twins	Cluster Definition
0	0,75	0,45	0,60	0,25	3,85	3,85	4,10	3,45	High Awareness & High Confidence (20 people)
1	0,17	0,12	0,27	0,15	3,04	2,90	3,23	2,94	Medium Awareness & Medium Confidence (51 people)
2	0,31	0,14	0,24	0,07	2,21	2,14	2,10	2,17	Low Awareness & Low Confidence (29 people)

The first cluster (Cluster 0) consisted of 20 participants and exhibited high levels of familiarity across all systems. Trust levels ranged from 3.45 to 4.10, with the highest score of 4.10 for Navi-Planner. The second cluster (Cluster 1) consisted of 52 participants, with low to moderate familiarity, ranging from 2.90 to 3.23. This group exhibited a relatively balanced but not high level of trust. The third cluster (Cluster 2) consisted of 29 participants and exhibited low familiarity across all technologies. Trust levels were around 2.1, showing the lowest averages. This cluster represented the weakest profile in terms of both familiarity with and trust in technologies. These findings clearly demonstrate a positive relationship between technological familiarity and trust, indicating that high familiarity is generally associated with high trust.

Factor Analysis

The factor analysis revealed that participants' perception of trust in navigation technologies was shaped around two primary dimensions: Factor 1 – General Technology Trust and Factor 2 – System-Based Differentiation. Factor loadings are presented in Table 2.

Table 2. Factor analysis loading values

Technology	Factor 1 – General Technology Trust	Factor 2 – System-Based Differentiation
AI	-0,646	0,000
AR	-0,597	0,148
Navi-Planner	-0,593	0,000
Digital Twin	-0,438	-0,259

According to factor analysis, participants' perceptions of trust in modern navigation technologies are shaped around two primary dimensions. The first factor, labelled "General Technology Trust," showed similar and high factor loadings across all technologies.

AI and AR technologies, in particular, stand out in this dimension with factor loadings of -0.646 and -0.597, respectively. This factor represents participants' overall level of trust in modern navigation technologies, and individuals with high general trust appear to have similar trust in most technologies. The second factor, labelled "System-Based Differentiation," explains the relatively small differences in trust between technologies. In this dimension, AR exhibits a higher trust bias with a positive loading value (0.148), while Digital Twin exhibits a lower trust bias with a negative loading value (-0.259). Navi-Planner and AI are neutral on this factor, with trust perceptions aligned with the overall trust structure. The comprehensive evaluation reveals that trust in technologies is primarily shaped by overall technological trust, with differences between systems being of secondary importance. While AR and AI technologies, in particular, play a decisive role in overall perceptions of trust, Digital Twin technology stands out with its lower levels of trust.

Discussion and Conclusion

The study's findings indicate that the awareness and confidence levels of maritime officers regarding current navigation technologies are influenced mainly by young people and those with limited maritime experience. The fact that 84% of the participants were between the ages of 20 and 30, and a similar proportion had 1-5 years of sea service, suggests that adaptation to technological innovations can be observed in younger generations of seafarers. This is consistent with studies in the literature indicating that younger officers adapt more quickly to digital transformation processes (Bogusławski et al., 2022). However, due to their lack of experience, it can be argued that trust develops through learned and institutional processes, rather than cognitive ones.

The results of the K-means cluster analysis clearly revealed the positive relationship between awareness and trust. The fact that the group with high awareness also exhibited high confidence supports the critical role that education and field experience play in trust formation. This finding confirms studies that highlight the importance of educational integration and applied learning in the adoption of new technologies in maritime contexts (Janmethakulwat & Thanasopon, 2024; Türkistanli, 2024). Conversely, the fact that participants concentrated in the low-awareness and low-trust cluster maintain a distance from technologies suggests difficulties in adaptation, particularly in systems that have not yet been fully integrated into the educational curriculum (e.g., artificial intelligence-based navigational aids). This situation aligns with the "curriculum-technology lag" phenomenon previously emphasized by (Damoyanto Purba et al., 2024).

Factor analysis findings indicated that trust perceptions are shaped around two fundamental dimensions: general technology trust and system-based differentiation. The fact that participants exhibited similar levels of trust in most systems suggests the existence of a holistic trust structure toward technologies. This trend is consistent with literature suggesting that trust in automation and digitalization in maritime settings generally develops independently of the technology category, rather than through corporate training, industry acceptance, and maritime culture (Aalberg et al., 2024). However, the relatively low levels of trust in digital twin-based solutions suggest that innovative technologies have not yet been internalized by users. This can be explained by the lack of "technological transparency" and "user experience" highlighted in maritime human factors studies by (Grech, 2016).

Overall, the findings indicate that technological awareness and trust reinforce each other, that trust is largely shaped within a general technological approach, and that differences between systems remain secondary. In this context, the most significant contribution of the study is its quantitative analysis of young officers' technological adoption processes.

This research empirically supports the claim that training, simulation, and experience-based approaches, frequently emphasized in the literature (Gould et al., 2009; Granić, 2022), not only increase awareness but also confidence levels. From a sectoral perspective, it is clear that educational institutions and companies should prioritize strategies that increase technological awareness to ensure the effective and reliable use of navigation technologies.

References

Aalberg, A. L., Holen, S. M., Kongsvik, T., & Wahl, A. M. (2024). Does it do the same as we would? How trust in automated shipboard systems relates to seafarers' professional identity. *Safety Science*, *172*. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106426

Bogusławski, K., Gil, M., Nasur, J., & Wróbel, K. (2022). Implications of autonomous shipping for maritime education and training: the cadet's perspective. *Maritime Economics and Logistics*, *24*(2), 327–343. https://doi.org/10.1057/s41278-022-00217-x

Chan, J. P., Norman, R., Pazouki, K., & Golightly, D. (2022). Autonomous maritime operations and the influence of situational awareness within maritime navigation. *WMU Journal of Maritime Affairs*, *21*(2), 121–140. https://doi.org/10.1007/s13437-022-00264-4

Cooksey, R. W. (2020). Descriptive Statistics for Summarising Data. In *Illustrating Statistical Procedures: Finding Meaning in Quantitative Data* (pp. 61–139). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2537-7_5

Damoyanto Purba, Erwin Ferry Manurung, Devananda Vincensius Siregar, Junian Budi Argo, Jaja Suparma, Joko Subekti, & Hotman Tua Pangaribuan. (2024). Exploring Maritime Education's Role In Global Trade and Workforce Development. *Green Inflation: International Journal of Management and Strategic Business Leadership*, *1*(4), 125–140. https://doi.org/10.61132/greeninflation.v1i4.109

Frydenberg, S., Aylward, K., Nordby, K., & Eikenes, J. O. H. (2021). Development of an augmented reality concept for icebreaker assistance and convoy operations. *Journal of Marine Science and Engineering*, *9*(9). https://doi.org/10.3390/jmse9090996

Goodman, L. A., Kruskal, W., H ; Rabe-Hesketh, S., & Everitt, B. (1979). Regression Model for Categorical and Limited Dependent Variables. Sage, Thousand Oaks, CA McCullagh P 1980 Regression models for ordinal data. In *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* (Vol. 54). Springer.

Gould, K. S., Hirvonen, K., Koefoed, V. F., Røed, B. K., Sallinen, M., Holm, A., Bridger, R. S., & Moen, B. E. (2009). Effects of 60 hours of total sleep deprivation on two methods of high-speed ship navigation. *Ergonomics*, *52*(12), 1469–1486. https://doi.org/10.1080/00140130903272611

Granić, A. (2022). Educational Technology Adoption: A systematic review. *Education and Information Technologies*, *27*(7), 9725–9744. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10951-7

Grech, M. R. (2016). Fatigue risk management: A maritime framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(2). https://doi.org/10.3390/ijerph13020175

Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, *31*(8), 651–666. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011

Janmethakulwat, A., & Thanasopon, B. (2024). Digital technology adoption and institutionalization in Thai maritime industry: An exploratory study of the Thai shipowners. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, *40*(3), 157–166. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2024.08.001

Jeon, J., & Theotokatos, G. (2024). A Framework to Assure the Trustworthiness of Physical Model-Based Digital Twins for Marine Engines. *Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(4). https://doi.org/10.3390/jmse12040595

Kaptan, M., Uğurlu, Ö., & Wang, J. (2021). The effect of nonconformities encountered in the use of technology on the occurrence of collision, contact and grounding accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, *215*(December 2020), 107886. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107886

Lawley, D. N., & Maxwell, A. E. (1962). Factor Analysis as a Statistical Method. In *Source: Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)* (Vol. 12, Issue 3).

Li, Z., Zhang, D., Han, B., & Wan, C. (2023). Risk and reliability analysis for maritime autonomous surface ship: A bibliometric review of literature from 2015 to 2022. *Accident Analysis and Prevention*, *187*. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107090

Lv, Z., Lv, H., & Fridenfalk, M. (2023). Digital Twins in the Marine Industry. *Electronics (Switzerland)*, *12*(9). https://doi.org/10.3390/electronics12092025

Mišković, D., Bielić, T., & Čulin, J. (2018). Impact of technology on safety as viewed by ship operators. *Transactions on Maritime Science*, *7*(1), 51–58. https://doi.org/10.7225/toms.v07.n01.005

Munim, Z. H., Notteboom, T., Haralambides, H., & Schøyen, H. (2025). Key determinants for the commercial feasibility of maritime autonomous surface ships (MASS). *Marine Policy*, *172*. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106482

Panari, C., Lorenzi, G., & Mariani, M. G. (2021). The predictive factors of new technology adoption, workers' well-being and absenteeism: The case of a public maritime company in venice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(23). https://doi.org/10.3390/ijerph182312358

Saxena, A., Prasad, M., Gupta, A., Bharill, N., Patel, O. P., Tiwari, A., Er, M. J., Ding, W., & Lin, C. T. (2017). A review of clustering techniques and developments. *Neurocomputing*, *267*, 664–681. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.06.053

Türkistanli, T. T. (2024). Advanced learning methods in maritime education and training: A bibliometric analysis on the digitalization of education and modern trends. *Computer Applications in Engineering Education*, *32*(1). https://doi.org/10.1002/cae.22690

van den Oever, F., Fjeld, M., Nordby, K., & Sætrevik, B. (2025). A virtual reality experiment shows that augmented reality can improve collaboration in ship navigation. *Ergonomics*. https://doi.org/10.1080/00140139.2025.2519874

Vojković, L., Bakota, M., & Kuzmanić Skelin, A. (2024). Using the Bayes Probability Model to Evaluate the Risk of Accidents Caused by the Electronic Chart Display and Information System. *Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(8). https://doi.org/10.3390/jmse12081391

Yanai, H., & Ichikawa, M. (2006). Factor Analysis. In *Handbook of Statistics* (Vol. 23).

Zientek, L. R. (2008). Exploratory and Confirmatory Factor Analysis: Understanding Concepts and Applications. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *15*(4), 729–734. https://doi.org/10.1080/10705510802339122

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

GELİR EŞİTSİZLİĞİ İLE MÜCADELEDE UYGULANACAK VERGİ POLİTİKALARI

Doç. Dr. Adnan ERDAL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Salihli Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Programı
ORCID: 0000-0002-4417-9925

Ayşe Nur SANDAL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı
ORCID: 0009-0003-8066-4711

ÖZET
Gelir eşitsizliği, modern toplumların karşılaştığı en büyük ekonomik ve sosyal sorunlardan birisidir. Bu sorunun çözülmesinde vergi politikalarının önemli bir rolü bulunmaktadır. Vergi sistemleri, toplumsal eşitliğin sağlanması ve gelir dağılımının daha adil bir hale getirilmesi için kritik bir araçtır. Dolaylı ve dolaysız vergiler, her ne kadar birbirinden farklı yapı ve etkilere sahip olsalar da gelir eşitsizliğini azaltma ve ekonomik adaletin sağlanmasında belirleyici bir rol oynamaktadırlar. Bu çerçevede, vergi politikalarının tasarımında adalet, etkinlik ve sürdürülebilirlik ilkelerinin dengeli bir şekilde gözetilmesi büyük önem taşımaktadır. Gelir eşitsizliği ile mücadelede, yüksek gelir gruplarının daha fazla katkı sağlamasını öngören artan oranlı vergilendirme, temel tüketim mallarındaki vergi yükünün azaltılması ve sosyal transferlerle desteklenen vergi indirimleri gibi uygulamalar ön plana çıkmaktadır. Böylece, hem gelir dağılımındaki dengesizlikler azaltılabilir hem de ekonomik büyümenin toplumsal refahı artırıcı etkileri güçlendirilebilir. Vergi politikalarının bu bütüncül yaklaşımla ele alınması, uzun vadede daha adil, kapsayıcı ve dirençli bir ekonomik düzenin inşasına katkıda bulunacaktır. Bu çalışmanın amacı, gelir eşitsizliği ile mücadelede uygulanacak vergi politikalarını incelemek ve vergi sistemlerinin toplumsal eşitliği sağlama, gelir dağılımını dengeleme ve ekonomik adaleti güçlendirme üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Çalışma, dolaylı ve dolaysız vergilerin gelir eşitsizliği üzerindeki farklı etkilerini ele alarak, vergi politikalarının nasıl daha adil ve etkili bir şekilde yapılandırılabileceği konusunda öneriler sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, bu politikaların ekonomik büyüme ile birlikte toplumsal adaletin sağlanmasındaki rolünü vurgulamak, vergi sistemlerinin sürekli olarak gözden geçirilmesinin önemini ortaya koymak ve günümüzdeki vergi yapılarının gelir eşitsizliğini nasıl azaltabileceğine dair bir anlayış geliştirme amacı gütmektedir.
Anahtar Kelimeler: Gelir eşitsizliği, Dolaylı Vergiler, Dolaysız Vergiler, Vergi Politikası, Vergi Adaleti.

TAX POLICIES TO BE APPLIED IN THE FIGHT AGAINST INCOME INEQUALITY

ABSTRACT
Income inequality is one of the most significant economic and social problems confronting modern societies. Tax policies play a crucial role in addressing this issue. Tax systems are critical instruments for ensuring social equality and achieving a fairer distribution of income. Although indirect and direct taxes possess different structures and effects, they play a decisive role in reducing income inequality and promoting economic justice.

This study aims to examine tax policies to be implemented in the fight against income inequality and to analyze the effects of tax systems on achieving social equality, balancing income distribution, and strengthening economic justice. The study addresses the varying impacts of indirect and direct taxes on income inequality, aiming to offer recommendations on how tax policies can be structured more fairly and effectively. Furthermore, it seeks to emphasize the role of these policies in ensuring social justice alongside economic growth, highlight the importance of continuous review of tax systems, and develop an understanding of how contemporary tax structures can reduce income inequality.
Keywords: Income inequality, Indirect Taxes, Direct Taxes, Tax Policy, Tax Justice.

1.GİRİŞ

Toplumlarının karşılaştığı en önemli iktisadi ve sosyal problemlerden birisi gelir eşitsizliğidir. Bireylerin yaşam şartlarını etkilemekle birlikte toplumsal huzursuzluk ve iktisadi kalkınma üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı; gelir dağılımı eşitsizliğinin azaltılmasında vergi politikalarının rolünü ve etkinliğini, Türkiye ve seçili Avrupa Birliği ülkeleri özelinde karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Gelir dağılımındaki adaletsizlik, sadece bir ekonomik sorun olmayıp aynı zamanda sosyal huzuru, siyasi istikrarı ve sürdürülebilir kalkınmayı doğrudan tehdit eden küresel bir problemdir. Vergi sistemleri, devletlerin bu eşitsizlikle mücadele etmek için sahip olduğu en güçlü maliye politikası araçlarından biridir. Dolayısıyla, vergi yapısının gelir dağılımı üzerindeki etkisinin anlaşılması, daha adil ve etkin bir vergilendirme modeli geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Buradan hareketle çalışma; Türkiye'nin kronik yapısal sorunu olan dolaylı vergi ağırlıklı sistemin sonuçlarını, AB ülkeleriyle Gini katsayısı ve gelir dilimleri payları gibi güncel veriler üzerinden sistematik bir şekilde karşılaştırmalı olarak ortaya koyacak, yalnızca vergi türlerinin etkisini açıklamakla kalmayıp, AB ülkelerine ait kapsamlı verilerle, Türkiye'deki vergi sisteminin neden olduğu regresif etkiyi ortaya koymaktadır.

Çalışma, öncelikle gelir dağılımının kuramsal çerçevesini ortaya koyacaktır. Ardından gelir, servet ve harcama vergilerinin gelir dağılımı üzerindeki teorik etkileri ile yansıma mekanizmaları derlenen veriler üzerinden incelenecektir. Nihai aşamada ise, Türkiye'nin dolaylı vergi ağırlıklı yapısının gelir dağılımındaki regresif etkisi, AB ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak incelenecek ve bulgular politika önerileri ile desteklenecektir.

2.GELİR DAĞILIMI KAVRAMI VE VERGİLENDİRME

2.1. Gelir Dağılımı Kavramı

Gelir dağılımı kavramına değinmeden önce gelir kavramını tanımlamakta fayda vardır. Bireylerin veya hanehalklarının ekonomik refahını ölçmede temel gösterge olan gelir, belirli bir zaman diliminde üretim faaliyetlerine sağladıkları katkı karşılığında elde ettikleri nakdi ve ayni tüm kazançların bileşiminden oluşmaktadır.[1] Gelir dağılımı bir ülkede belli bir dönemde oluşan milli gelirin, söz konusu ülkedeki bireyler ile üretim sürecine katkıda bulunan üretim faktörleri arasındaki bölüşümüdür[2].

[1]Süleyman Ulutürk and Devrim Ersezer, 'Gelir, Gelir Dağılımı Yaklaşımları ve Devletin Rolü' (2005) 47 İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Maliye Araştırma Merkezi Konferansları 88
[2] Zeynel Dinler, KPSS İktisat, Bursa (Ekin Basım Yayın Dağıtım 2014) 1435

2.2. Gelir Dağılımının Hesaplanması ve Ülke Örnekleri

Bir ülkedeki kişisel gelir dağılımı eşitsizliğinin boyutunun belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan ölçüm yöntemleri Lorenz Eğrisi ve Gini Katsayısı'dır[3].Hükümetler, genellikle gelir dağılımını iyileştirmeyi temel bir sorumluluk olarak kabul eder ve bu amaca ulaşmak için vergi sistemini düzenlemek veya kamu harcamalarını yönlendirmek gibi araçları kullanır. Literatürde, bu politikaların etkinliği çoğunlukla Gini katsayısı gibi göstergelerle ölçülen gelirin yeniden dağılımı üzerinden değerlendirilir. Devletin buradaki asıl işlevi, piyasa koşullarında oluşan gelir ve servetin bireyler arasında daha adil bir şekilde paylaştırılmasını sağlamaktır[4].Gelir dağılımı, paylaşımın nasıl yapıldığına bağlı olarak dört farklı şekilde incelenebilir: kişisel, faktörel (fonksiyonel), sektörel ve bölgesel gelir dağılımı. Kişisel gelir dağılımı, milli gelirin bireyler veya aileler arasındaki paylaşımını ortaya koyarken; faktörel gelir dağılımı, üretim faktörlerinin (emek, sermaye, toprak) milli gelirden ne kadar pay aldığını gösterir. Sektörel gelir dağılımı, ekonominin farklı sektörlerinin (tarım, sanayi, hizmet) milli gelirden aldığı payı ifade eder. Bölgesel gelir dağılımı ise milli gelirin ülkenin çeşitli coğrafi bölgeleri arasında nasıl dağıtıldığını yansıtmaktadır[5].

Vergilerin anlamı ve fonksiyonları, zamanın ihtiyaçları ve toplumun değer yargıları doğrultusunda değişim gösterir. Başlangıçta sadece devletin gelir ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan vergiler, günümüzde daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Farklı fonksiyonlar üstlenerek, mali, ekonomik ve sosyal alanlarda önemli roller oynamaktadır. Bu bağlamda, verginin fonksiyonları mali, ekonomik ve sosyal fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar, verginin sadece devletin gelir sağlamaktan öte, toplumsal refah ve ekonomik düzeni, gelir adaletini sağlama gibi daha geniş bir rol üstlendiğini göstermektedir[6]. Verginin mali fonksiyonu; devletin, devlet olma özelliğinden kaynaklanan görevlerini yerine getirebilmesi için ihtiyaç duyduğu finansman kaynağını sağlamaktır[7].Vergilerin devlete kaynak yaratmanın ötesinde bir rolü bulunmaktadır; ekonomik büyümeyi teşvik etmek, istihdamı artırmak ve fiyat istikrarını sağlamak gibi makroekonomik hedeflere ulaşmak için aktif bir politika aracı olarak kullanılmaları, verginin ekonomik işlevini oluşturur. Bu bağlamda vergi politikaları, ekonomik dalgalanmaları dengelemek ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek amacıyla şekillendirilmektedir[8].

Devletin gelir dağılımını düzenleyici bir rolü bulunmaktadır; piyasanın kendi işleyişiyle ve herhangi bir müdahale olmadan oluşan birincil gelir dağılımında, üretim faktörleri üretime katkıları oranında gelir elde ederler ve neo-klasik iktisatçılara göre tam rekabet koşullarında bu paylar, faktörlerin marjinal verimliliklerine eşittir, ancak bu dağılımın eşitlik sağlayacağı garanti edilmemektedir. Devlet, birincil gelir dağılımına asgari ücret uygulaması veya dezavantajlı gruplara yönelik istihdam kolaylıkları gibi düzenlemelerle müdahale edebilse de asıl görevi, piyasa koşullarında oluşan gelir dağılımına vergiler ve transfer harcamaları gibi maliye politikası araçlarıyla müdahale ederek ikincil gelir dağılımını şekillendirmektir[9].

---

[3] Joseph L. Gastwirth, 'Lorenz Eğrisi ve Gini Endeksinin Tahmini' (1972) 54(3) Review of Economics and Statistics 306.
[4] Orhan Şener, Teori ve Uygulamada Kamu Ekonomisi (7th edn, Beta Basım Yayım 2001)
[5] Abuzer Pınar, Maliye Politikası Teori ve Uygulama (7th edn, Turhan Kitabevi 2014) 282-ŞEN; Hüseyin Şen and İsa Sağbaş, Vergi Teorisi ve Politikası (4th edn, Barış Arıkan Yayınları 2020) 421
[6] Taha Bahadır Saraç, 'Vergi Yükü ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği' (2015) 169 Maliye Dergisi.
[7] Osman Pehlivan, Kamu Maliyesi (Derya Kitabevi 2006)
[8] Mihriban Kalenderoğlu, Kamu Maliyesi, Bütçe ve Borçlanma (17th edn, Agon Bilgi Akademisi 2016)
[9] Çağla Tabar, 'Vergilerin Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi' (2023) 8(1) International Journal of Public Finance 72

Vergilerin kişisel gelir dağılımına olan etkisi, tahsil edilen vergilerin teknik yapısı, söz konusu vergi türlerinin toplam vergi gelirleri içindeki ağırlığı ve bu vergilerin yansıtılabilme derecesi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak şekillenir. [10].

Verginin teknik özellikleri, temelde matrah, tarife ve vergi oranları gibi unsurları ifade eder. Özellikle artan oranlı vergi sisteminde, yüksek gelirli bireylerden daha fazla vergi alınırken, düşük gelir gruplarının yükü nispeten hafifler; bu da gelir dağılımını daha adaletli hale getirir. Buna karşılık, sabit oranlı veya azalan oranlı vergilerde, gelir eşitsizliği artma eğilimi gösterir; çünkü düşük gelirlilerin vergi yükü oransal olarak daha ağır olabilir. Ayrıca, vergilerin bireysel özelliklere göre düzenlenebilmesi (kişiselleştirme), gelir dağılımı üzerindeki etkinin daha hassas şekilde ayarlanmasını sağlar. Dolayısıyla, vergi politikalarının tasarımı, ekonomik ve sosyal adalet açısından büyük önem taşımaktadır [11].

Vergilerin gelir dağılımını düzeltme potansiyelini belirleyen önemli bir faktör de, toplam vergi gelirleri içinde gelir esnekliği yüksek olan vergilerin payıdır; bir vergi sisteminde gelirle birlikte artış eğilimi gösteren bu tür vergilerin oranı ne kadar yüksek olursa, gelir dağılımı üzerindeki olumlu etkisi de o ölçüde güçlü olmaktadır[12].

Verginin gelir dağılımı üzerindeki etkisini belirleyen bir diğer unsur, verginin yansıtılabilme olanağıdır; zira yansıma mekanizması, vergiyi hukuki olarak ödemekle yükümlü olan kişi ile vergi yükünü fiilen taşıyan kişiyi birbirinden ayırarak farklılaştırabilir. Bu nedenle, vergi politikası oluşturulurken yansıma ihtimali mutlaka dikkate alınmalı ve nihai vergi yükünün kimin sırtında kalacağı titizlikle hesaplanmalıdır.[13].

Gelir Dağılımı İstatistiklerinin hesaplandığı Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması 2024 yılı sonuçlarına ilişkin gelir bilgileri, gelir hesaplamalarında hane halkı gelirleri; hane halkı büyüklüğü ve kompozisyonu dikkate alınarak eşdeğer hane halkı kullanılabilir fert gelirine dönüştürülmektedir. Bu araştırma ile bireylerin gelir düzeylerini daha gerçekçi, adil ve karşılaştırılabilir bir şekilde analiz ederek, toplumsal refah ve gelir eşitliği hakkında doğru sonuçlara ulaşmak amaçlanmaktadır.

Son yapılan araştırma sonuçlarına göre; en yüksek eşdeğer hane halkı kullanılabilir fert gelirine sahip %20'lik grubun toplam gelirden aldığı pay bir önceki yıla göre 0,6 puan azalarak %48,1 olurken en düşük gelire sahip %20'lik grubun aldığı pay ise 0,2 puan artarak %6,3 olmuştur[14].

Gelir eşitsizliğini ölçmede yaygın olarak kullanılan Gini katsayısı, 0 ile 1 arasında değer alır; katsayının sıfıra yakın çıkması gelir dağılımının adil olduğuna, 1'e yaklaşması ise derin eşitsizliklere işaret eder. Bu katsayının hesaplanmasında, hanehalklarının bir yıl içinde elde ettikleri toplam gelirden vergiler ve düzenli transferler çıkarılarak bulunan "kullanılabilir gelir" dikkate alınır. Türkiye'de en güncel verilere göre, Gini katsayısı bir önceki yıla kıyasla 0,007 puanlık iyileşme ile 0,413 olarak gerçekleşmiştir[15].

[10] Salih Turhan, Vergi Teorisi ve Politikası (7th edn, Filiz Kitabevi 2020)
[11] Mircan Tokatlıoğlu and Selen Ufuk, Maliye Politikası (4th edn, Barış Arıkan Yayınları 2021) 453-454
[12] Turhan (n 9) 307
[13] Hakan Şen and İsa Sağbaş, Vergi Teorisi ve Politikası (4th edn, Barış Arıkan Yayınları 2020) 435
[14] Türkiye İstatistik Kurumu, Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması 2024
[15] İbid

Tablo1. Sıralı %20'lik gruplar itibarıyla yıllık eşdeğer hanehalkı kullanılabilir fert gelirinin dağılımı (%), 2015-2024

Yıl	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Toplam	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
İlk %20	6,1	6,2	6,1	6,2	5,9	6,1	6,0	6,1	6,3	6,3
İkinci %20	10,7	10,6	10,7	10,6	10,9	10,6	10,8	10,4	10,2	10,4
Üçüncü %20	15,2	15,0	14,8	14,8	15,2	14,9	15,1	14,7	14,3	14,6
Dördüncü %20	21,5	21,1	20,9	20,9	21,4	21,1	21,3	20,9	20,6	20,7
Son %20	46,5	47,2	47,4	47,6	46,3	47,5	46,7	48,0	48,7	48,1
Gını Katsayısı	0,397	0,404	0,405	0,408	0,395	0,410	0,401	0,415	0,420	0,413

Kaynak:Türkiye İstatistik Kurumu, 2024

Tablo 2'de 2015–2022 yılları arasında Avrupa Birliği ülkelerinde Gini katsayıları genel olarak sınırlı dalgalanmalar göstermiştir. Avusturya ve İsveç gibi ülkelerde gelir eşitsizliği oldukça sabit kalırken, Hollanda, İspanya ve İtalya gibi ülkelerde zamanla hafif düşüşler gözlenmiştir; bu da gelir dağılımında iyileşmelere işaret etmektedir. Ülkelerin genel durumuna bakıldığında gelir eşitsizliği çok fazla değişim göstermeden kontrollü bir seyir izlemiştir.

Tablo.2. Seçili Avrupa Birliği Ülkelerinde Gini Katsayı

Ülke	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Avusturya	0,275	0,284	0,275	0,28	0,274	0,272	0,281	0,285
Hollanda	0,305	0,292	0,298	0,295	0,312	0,295	0,295	0,288
İsveç	0,276	0,28	0,282	0,273	0,277	0,276	0,286	0,29
İspanya	0,344	0,341	0,333	0,33	0,32	0,329	0,32	0,316
İtalya	0,333	0,327	0,334	0,33	0,325	0,331	0,33	0,319
Lüksemburg	0,306	0,305	0,327	0,318	0,305	0,29	0,284	0,296
Portekiz	0,336	0,331	0,32	0,317	0,31	0,327	0,313	0,33155

Kaynak: (OECD) 2025

Tablo 3. İncelendiğinde seçili Avrupa Birliği ülkelerinde ilk %20'lik gelir grubunun toplam gelirden aldığı payı 2015–2021 yılları arasında göstermektedir. Bu oran, gelir dağılımındaki adaletin bir göstergesi olarak kullanılır; oran ne kadar yüksekse, en alt gelir grubunun toplam gelirden aldığı pay o kadar fazladır ve bu da daha eşitlikçi bir dağılıma işaret eder. Danimarka, Belçika ve Hollanda, en alt %20'lik kesime en yüksek gelir payını sunan ülkeler arasında yer almaktadır. Buna karşın, İspanya ve İtalya, en düşük gelir grubuna en az payın düştüğü ülkeler arasında yer almıştır. Ancak bu iki ülkede de iyileşme sinyalleri görülmektedir: İspanya'da oran 2015'te %5,8 iken 2021'de %6,4'e, İtalya'da ise %5,9'dan %6,5'e çıkmıştır. Bu artışlar, alt gelir gruplarının gelirden daha fazla pay almaya başladığını göstermektedir.

Tablo 3. Seçili Avrupa Birliği Ülkeleri 2015-2021 İlk %20'lik Gelir Payı

Ülke	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Avusturya	7,9	7,7	8	7,9	7,9	7,9	7,7
Belçika	8,6	8,6	8,7	8,9	9	9,4	9,2
Danimarka	9,4	9,2	9,1	9,3	9,5	9,4	9,2
Fransa	7,9	8	8,1	8	7,8	8	7,7
Hollanda	8,9	8,8	8,8	8,9	8,6	9,2	9,4
İsveç	8,2	8,1	8,3	7,8	8,1	8,2	7,8
İspanya	5,8	5,8	6,2	6,2	6,2	6	6,4
İtalya	5,9	6,1	6	6,1	6,3	6,3	6,5
Lüksemburg	7,5	7,6	6,8	6,6	7,2	7,1	7,2
Portekiz	6,7	6,9	7,4	7,4	7,6	6,9	7,4

Kaynak: World Bank Group (2025)

Tablo 4'de, seçili Avrupa Birliği ülkelerinde ikinci %20'lik gelir grubunun (alt-orta gelirli kesim) toplam gelirden aldığı payı göstermektedir. Genel olarak, bu grubun payı ülkeler arasında %11,8 ile %14,6 arasında değişmektedir. Zaman içinde çoğu ülkede bu gelir payında hafif artış eğilimi gözlenmiştir. Genel olarak, orta-alt gelir grubunun gelirden aldığı pay birçok ülkede sabit kalmış veya sınırlı düzeyde artış göstermiştir. Bu da sosyal politikaların bu kesimde görece bir denge sağladığını ortaya koymaktadır.

Tablo.4. Seçili Avrupa Birliği Ülkeleri 2015-2021 İkinci %20'lik Gelir Payı

Ülke	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Avusturya	13,2	13,2	13,3	13	13,3	13,5	13,3
Belçika	14	14,1	14,2	14,3	14,2	14,5	14,4
Danimarka	13,9	13,9	13,7	13,8	14	14	13,9
Fransa	12,8	12,9	13	12,9	13,1	13,2	13,1
Hollanda	13,9	13,9	13,8	13,8	13,7	14,6	14,6
İsveç	13,9	13,8	13,9	13,7	13,8	13,8	13,7
İspanya	11,8	12	12,2	12,2	12,3	12,1	12,3
İtalya	12,1	12,1	12	12,2	12,3	12,1	12,1
Lüksemburg	12,3	12,7	11,9	11,9	11,9	12,3	12,3
Portekiz	12	12,3	12,4	12,6	12,8	12,4	12,2

Kaynak: World Bank Group (2025)

Tablo 5. Seçili Avrupa Birliği ülkelerinde üçüncü %20'lik gelir grubunun (orta gelirli kesim) toplam gelirden aldığı payı göstermektedir. Genelde bu kesimin payı %16 ile %18,3 arasında seyretmiştir. Zaman içinde çoğu ülkede büyük dalgalanmalar olmamış, ancak bazı ülkelerde hafif artış eğilimleri gerçekleşmiştir. Bu tabloda orta gelirli kesimin gelir payında istikrarlı ama sınırlı artışlar olduğunu ve gelir dağılımında bu grubun önemli bir denge unsuru olarak korunduğunu göstermektedir.

Tablo.5. Seçili Avrupa Birliği Ülkeleri 2015-2021 Üçüncü %20'lik Gelir Payı

Ülke	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Avusturya	17,7	17,6	17,8	17,4	17,5	17,8	17,7
Belçika	18,1	18,1	18,1	18	17,9	18,1	17,9
Danimarka	17,2	17,3	17,2	17,3	17,3	17,5	17,3
Fransa	16,7	16,9	16,9	16,7	17,3	17,5	17,4
Hollanda	17,5	17,6	17,5	17,6	17,4	18,3	18,3
İsveç	17,5	17,5	17,6	17,6	17,6	17,7	17,6
İspanya	17	17,1	17,2	17,1	17,3	17,2	17,2
İtalya	17,2	17,1	16,9	17	17,1	16,9	16,9
Lüksemburg	16,8	17,1	16,7	16,5	16,5	16,8	17,3
Portekiz	16,3	16,3	16,5	16,5	16,7	16,4	16,1

Kaynak: World Bank Group (2025)

Tablo 6. Seçili Avrupa Birliği ülkelerinde dördüncü %20'lik gelir grubunun (üst-orta gelirli kesim) toplam gelirden aldığı payı göstermektedir. Bu gruba düşen gelir payı genellikle %21,7 ile %23,7 arasında değişmiş, büyük değişiklikler görülmemiştir. İspanya ve İsveç en yüksek oranlara sahipken, Portekiz ve Fransa en düşük payı veren ülkeler arasındadır, bu grup, gelir dağılımında istikrarlı ve dengeli bir konuma sahiptir.

Tablo.6. Seçili Avrupa Birliği Ülkeleri 2015-2021 Dördüncü %20'lik Gelir Payı

Ülke	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Avusturya	22,9	23	23,1	23	23,1	23	22,9
Belçika	22,7	22,7	22,7	22,4	22,3	22,6	22,4
Danimarka	21,8	22	21,9	21,9	21,9	22,1	21,8
Fransa	21,7	22	21,9	21,6	22,4	22,4	22,5
Hollanda	22,4	22,4	22,3	22,4	22,3	22,5	22,5
İsveç	22,8	22,8	23,1	23,2	23	23,1	23,2
İspanya	23,5	23,5	23,4	23,5	23,6	23,7	23,6
İtalya	23,4	23,2	23	23,2	23,1	23,1	22,9
Lüksemburg	23	23,3	23,2	22,8	23	23,3	23,1
Portekiz	22,3	22	22,1	22	22	22,2	21,7

Kaynak: World Bank Group (2025)

Tablo 7'de, seçili Avrupa Birliği ülkelerinde en yüksek gelirli son %20'lik grubun toplam gelirden aldığı payı göstermektedir. Bu grup gelir eşitsizliğini en açık şekilde yansıtan kesimdir. Portekiz, İtalya, İspanya ve Lüksemburg, üst gelir grubuna en fazla payın düştüğü ülkeler olup gelir eşitsizliğinin en yüksek olduğu yerlerdir. Buna karşın Belçika, Hollanda ve Danimarka gibi ülkelerde bu oran daha düşüktür, bu da daha dengeli gelir dağılımına işaret etmektedir. Genel olarak tablo, yüksek gelir grubunun toplam gelirden hâlâ en büyük payı aldığını ve ülkeler arası eşitsizlik farklarını net biçimde yansıttığını ortaya koymaktadır.

Tablo.7. Seçili Avrupa Birliği Ülkeleri 2015-2021 Son %20'lik Gelir Payı

Ülke	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Avusturya	38,4	38,6	37,8	38,7	38,2	37,8	38,4
Belçika	36,5	36,4	36,3	36,4	36,5	35,5	36
Danimarka	37,7	37,6	38	37,7	37,3	37	37,8
Fransa	40,9	40,2	40	40,8	39,2	38,8	39,4
Hollanda	37,4	37,2	37,6	37,2	38	35,4	35,2
İsveç	37,6	37,8	37,1	37,8	37,5	37,2	37,7
İspanya	42,1	41,7	41	41	40,6	41	40,4
İtalya	41,4	41,4	42,1	41,5	41,1	41,7	41,5
Lüksemburg	40,3	39,2	41,4	42,2	41,4	40,5	40
Portekiz	42,7	42,6	41,6	41,4	40,9	42,1	42,6

Kaynak: World Bank Group (2025)

2.3. Gelir Dağılımı ve Vergileme İlişkisi

2.3.1. Gelir Üzerinden Alınan Vergiler

Gelir üzerinden alınan vergiler kişisel gelir vergisi ve kurumlar vergisi olmak üzere iki ana kategoride toplanmakla birlikte, gelir dağılımı eşitsizliğini azaltma hedefi bağlamında kişisel gelir vergisi ödeme gücü ilkesiyle uyumlu yapısı nedeniyle daha etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. Artan oranlı tarife yapısı, en az geçim indirimi ve ayırma ilkesi gibi düzenlemeler aracılığıyla; yüksek gelirli bireylerden daha fazla vergi alınması, temel geçim giderlerinin vergi dışı bırakılması ve ailevi durumların dikkate alınması sağlanarak, vergi yükünün adil dağılımı mümkün olmaktadır. Ayrıca, bu verginin doğrudan elde edilen gelire uygulanması ve yansımasının zor olması, vergilendirme etkinliğini artırarak yükün mükellefin kişisel koşullarına göre belirlenmesine olanak tanımakta ve böylece kişisel gelir vergisi, daha adil bir gelir dağılımı için en uygun vergi türü haline gelmektedir. [16].

Kurumlar vergisinin gelir dağılımı üzerindeki etkisi, verginin yansıtılabilme derecesi, kâr dağıtım mekanizmaları, vergi harcamaları ve teşvik politikaları gibi unsurlara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Verginin nihai yükünün kimin üzerinde kaldığı, gelir dağılımı üzerindeki etkisinin anlaşılması açısından kritik önem taşımaktadır.[17]. Eğer kurumlar vergisi tüketiciye yansıtılmazsa, verginin yükü genellikle kurumun ortaklarına veya hisse sahiplerine kalır. Bu kişiler genellikle orta veya yüksek gelirli bireylerdir. Bu durumda, vergi yükü yüksek gelirli kesim üzerinde yoğunlaşır ve dolayısıyla gelir eşitsizliğini azaltıcı bir etki yaratır. Yüksek gelirli bireylerin daha fazla vergi ödemesi, aradaki gelir farkını daraltabilir. Ancak kurumlar vergisi yüksek oranda yansıtılırsa, yani vergi tüketiciye aktarılırsa, bu durumun etkisi değişir. Zorunlu ihtiyaç maddeleri istisna tutulmazsa, tüm tüketim mallarının fiyatları artar. Bu artış, özellikle düşük gelirli bireyleri olumsuz etkiler çünkü onlar daha fazla tüketim yapma eğilimindedir. Öte yandan, yüksek gelir gruplarının marjinal tüketim eğilimi daha düşük olduğu için, kurumlar vergisinin yansıması onlarda daha az etkili olur. Bu durum, verginin etkisini azaltan ve daha az tüketim yapan yüksek gelir grupları lehine bir değişim yaratır. Sonuç olarak, kurumlar vergisinin yüksek oranda yansıtılması, gelir eşitsizliğini artırıcı bir etki yaratabilir, çünkü düşük gelirli bireyler daha fazla vergi yükü taşırken, yüksek gelirli bireyler daha az etkilenir.[18]

[16] Ahmet Ulusoy, Maliye Politikası (8th edn, Umuttepe Yayınları 2016)
[17] Hakan Şen and İsa Sağbaş, Vergi Teorisi ve Politikası (2nd edn, Kalkan Matbaacılık 2020) 435
[18] Turhan (n 9) 310

2.3.2. Servet Üzerinden Alınan Vergiler

Gelir vergilerine ek olarak servet vergileri de gelir dağılımındaki eşitsizliği azaltıcı bir işleve sahiptir. Servet, gerçek ve tüzel kişilerin sahip olduğu para, menkul ve gayrimenkul varlıklar ile alacakları da kapsayan tüm ekonomik değerlerin toplamını ifade eder ve bireylerin zenginlik düzeyinin ölçülmesinde kullanılır. Servet vergisi ise, bu varlıkların devir işlemlerinden, servet artışından veya toplam servet üzerinden alınan dolaysız bir vergi türüdür. [19].

Servet vergilerinin sosyal anestezi etkisi olduğu da söylenebilir. Yani, servet vergilerinin varlığı, toplumda gelir eşitsizliklerinin daha fazla sorgulanmasını engelleyebilir. Toplumda büyük servet birikimlerinin ve gelir eşitsizliklerinin daha az görünür olmasına yardımcı olabilir, çünkü servet vergileri, bu eşitsizliklerin bir düzeyde düzenlenmesi ve kontrol altına alınması için bir mekanizma oluşturur. Bu sayede, gelir dağılımındaki uçurumlar toplumun genel kabulüne daha az yansır ve eşitsizlikler daha az tartışılır hale gelir. Kısaca, servet vergileri, hem servet birikimlerinin kontrol altına alınmasını sağlar hem de gelir eşitsizliklerinin azaltılmasına katkı sunarak daha adil bir vergi sistemi oluşturur.

2.3.3. Mal ve Hizmet Üzerinden Alınan Vergiler

Mal ve hizmetler üzerinden alınan harcama vergilerinin en belirgin özelliği, kişiselleştirilememeleri ve dolayısıyla bireylerin ödeme gücünü dikkate almamalarıdır. Bu durum, harcama vergilerinin gelir dağılımı üzerinde olumsuz bir etki oluşturmasına yol açar. Çünkü bu tür vergiler, herkesin aynı şekilde, harcama miktarına bağlı olarak ödemek zorunda olduğu vergilerdir ve kişinin gelir düzeyine bakılmaksızın uygulanır. Bu özellik, düşük gelirli bireylerin daha fazla etkilenmesine, dolayısıyla gelir dağılımındaki eşitsizliğin artmasına neden olabilir.[20].

Mal ve hizmetler üzerinden alınan ve bir harcama vergisi olan katma değer vergisi, üretim ve dağıtım sürecinin her aşamasında mal ve hizmet teslimlerinde oransal olarak uygulanan ve nihai aşamada tüketim üzerinden tahsil edilmesi nedeniyle firmalar aracılığıyla tüketicilere yansıtılan bir dolaylı vergi türü olarak tanımlanmaktadır

KDV'nin gelir dağılımı adaletsizliğine yol açtığı, literatürde sıklıkla tartışılan bir konudur. Bunun temel nedeni, KDV'nin teknik olarak sabit oranlı olmasına rağmen, düşük gelirli bireylerin gelirlerine oranla daha fazla vergi yükü taşımasıdır. Bu durum, verginin tersine artan oranlı bir etki oluşturmasına sebep olmaktadır. Marjinal tüketim eğiliminin yüksek olduğu alt gelir gruplarında vergi yükünün artması, gelir dağılımını daha da bozmaktadır. Bu nedenle, özellikle temel ihtiyaç mallarında KDV oranlarının düşük tutulması gibi düzenlemelerin uygulanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.[21].

Vergi politikalarının gelir dağılımı üzerindeki etkileri incelendiğinde, Özel Tüketim Vergisi'nin (ÖTV) yapısı ve uygulama alanı son derece belirleyici olmaktadır. Ekonomi teorisi ve uygulamalı çalışmalar, ÖTV'nin özellikle talebin gelir esnekliği yüksek lüks mallara uygulanması durumunda, gelir dağılımını iyileştirici bir işlev görebileceğini ortaya koymaktadır.

---

[19] Hakkı Mümin Ay, Adil Gelir Dağılımının Sağlanmasında Özel Tüketim Vergisinin Yeri ve Bunun Türkiye'de Uygulanabilirliği (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2004)

[20] Şen and Sağbaş (n 4) 441

[21] Serhan Çoban, Dolaylı Vergilerin Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Analizi (Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2019)

Bu tür mallar, tüketim düzeylerinin gelirdeki değişimlere duyarlılığı nedeniyle, temel olarak yüksek gelir gruplarının tüketim kalıplarında yoğunlaşmakta ve dolayısıyla bu kesimler üzerinde vergi yükünü artırarak daha adil bir gelir dağılımı sağlama potansiyeli taşımaktadır.[22]. Gelir dağılımında adaleti tesis etmek için, Özel Tüketim Vergisi'nin (ÖTV), talebi gelir artışına yüksek oranda duyarlı olan lüks mallara uygulanması temel bir gerekliliktir. Zira bu durum, vergi yükünün, marjinal tüketim eğilimlerinin nispeten düşük olduğu yüksek gelir gruplarına intikal ettirilmesi anlamına gelmektedir. Buna karşılık, talebin fiyat esnekliği düşük, dolayısıyla tüketicilerin fiyat değişimlerine tepkisiz kalmak zorunda olduğu zorunlu ve temel ihtiyaç mallarının da ÖTV kapsamına alınması, gelirlerinin büyük bir bölümünü bu mallara harcamak durumunda olan düşük gelirli haneler üzerinde oransal olarak çok daha ağır bir yük oluşturacak ve nihayetinde gelir eşitsizliğini daha da derinleştirici bir rol oynayacaktır.

3.DOLAYLI VE DOLAYSIZ VERGİLERİN GELİR DAĞILIMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dolaysız vergilerin toplam vergi gelirleri içindeki oranının yüksek olması, genellikle gelir dağılımı eşitsizliğini azaltıcı bir rol oynar; çünkü bu tür vergiler doğrudan kişilerin gelirlerine uygulanır ve bu sayede yüksek gelir gruplarından düşük ve orta gelir gruplarına doğru bir kaynak transferi sağlanarak gelir dağılımında iyileşme meydana gelmektedir. Bu transfer, zenginlerin daha fazla vergi ödeyerek, toplumdaki gelir dağılımındaki eşitsizliğin azalmasına katkı sağlar. Dolaysız vergiler, genellikle artan oranlılık (yani gelir arttıkça vergi oranının da artması) gibi özelliklere sahip olduğu için, yüksek gelirli bireylerin daha fazla katkı yapmasını sağlar.[23] Öte yandan; Hükümetler, dolaylı vergileri, tahsilatının nispeten kolay olması ve kısa vadede önemli bir finansman kaynağı sağlaması gibi idari ve mali avantajları nedeniyle sıklıkla tercih etmektedir. Ancak, Anayasa'nın 73'üncü maddesinde vurgulanan vergi yükünün adaletli ve dengeli dağılımı ilkesi çerçevesinde değerlendirildiğinde, Türkiye'de toplam vergi gelirlerinin yaklaşık %70'ini oluşturan dolaylı vergilerin ağırlıkta olduğu bir yapı, bu anayasal ilke ile çelişki oluşturmaktadır. Ayrıca, dolaysız vergi gelirlerinin de önemli bir bölümünün, kaynakta kesinti yöntemiyle ücretlilerden tahsil edilmesi, vergi sisteminin genel itibarıyla sermaye ve yüksek gelir gruplarından ziyade, dar ve sabit gelirli mükelleflerin sırtına yüklendiğini göstermektedir. Sonuç olarak, mevcut vergi yapısı, vergi yükünün adil ve dengeli bir şekilde dağıtılmadığının, aksine regresif bir karaktere sahip olduğunun açık bir göstergesidir.[24] Özetle, dolaysız vergilerin yüksek olması gelir eşitsizliğini azaltırken, dolaylı vergilerin yüksek olması, özellikle düşük gelirli bireyler için daha fazla yük oluşturur ve gelir eşitsizliğini artırmaktadır.

Bir ülkede vergi sisteminin adil olup olmadığının önemli göstergelerinden biri de toplanan vergi gelirleri içinde dolaylı ve dolaysız vergilerin payıdır. Dolaylı vergilerin en önemli özelliği mükelleflerin ailevi durumunu, gelirini ve ödeme gücünü dikkate almadan herkesten aynı oranda vergi almasıdır. Bu vergiler söz konusu olduğunda, oransal olarak alt gelir gruplarının harcama oranları daha yüksek olduğundan bu gelir grubunun vergi yükü daha ağır olmaktadır. Bu durum, alt gelir grubu ile üst gelir grubu arasında oluşan gelir dağılımı eşitsizliğini arttırmaktadır.

---

[22] İbid 25

[23] Bünyamin Demirgil, 'Vergilerin Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Çalışma' (2018) 19(2) CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi

[24] Solmaz Murat,'Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Vergi Bileşimi (Kompozisyonu)' (2010) 260 Vergi Sorunları Dergisi,

Dolaysız vergiler söz konusu olduğunda; artan oranlı vergi tarifelerine dayanması, muafiyet indirim ve istisnalara yer yerilmesi ve kişisel durumları da göz önünde bulundurmasından dolayı dolaylı vergilere göre daha adaletli olduğu söylenebilir[25].

Gelir dağılımında adaleti sağlamaya yönelik ve vergilerin oluşturduğu negatif etkilerin giderilmesi için uygulanabilir vergi politikaları şu şekilde sıralanabilmektedir;

i. Maliye politikasının vergiler açısından etkinliğini artırmak, vergi tabanını genişletmek ve vergilendirme süresini kısaltmak ile mümkündür [26].

ii. Vergi politikaları, gelir dağılımındaki eşitsizlikleri azaltmada etkili bir maliye politikası aracıdır. Artan oranlı vergi sistemi, geliri yüksek olan bireylerden daha yüksek oranda vergi alırken, düşük gelirli bireyleri daha az vergi yüküyle karşı karşıya bırakır. Bu yapı sayesinde, gelir seviyeleri arasındaki farklar bir nebze dengelenerek daha adil bir ekonomik yapı oluşturulabilir. Böylece kamu maliyesi, sosyal adaletin sağlanmasına katkıda bulunur.

iii, Toplam bütçe gelirleri içinde dolaylı vergilerin oranı azaltılmalı, dolaysız vergilerin oranı ise yükseltilmelidir.

iv. Vergi erozyonuna ve vergi sistemindeki karmaşıklığa yol açan vergi muafiyet, istisna ve indirimlerinin azaltılması ve böylece vergi gelirlerindeki israfın önlenmesi sağlanmalıdır.

v. Ekonomideki kayıt dışı faaliyetler en aza indirilmeli ve kamu gelirlerinde artış sağlanmalıdır.

vi. Gerçekleştirilecek yatırımlar, üretken sektörlere yönlendirilerek verimlilik artırılmalıdır.

vii. Zorunlu tüketim malları düşük oranda, lüks tüketim malları ise yüksek oranda vergilendirilmelidir.

viii. Ekonominin önemli bir bölümünü oluşturan kayıt dışı ekonomiyle mücadele etmek için etkili çözüm yolları geliştirilerek vergi tabanı genişletilmelidir.

ix. Servet vergilerinin toplam vergi gelirleri içindeki payı yükseltilmeli, artan oranlı vergi yapısının etkinliği artırılmalıdır.

x. Denetim mekanizmaları güçlendirilerek, vergiden kaçınma ve vergi kaçırma önlenmelidir.

Tablo 8.de ise yıllar içerisinde Türkiye'nin toplam vergi gelirleri ile dolaysız ve dolaylı vergilerin tutarlarını, her bir vergi türünün GSYH'ye oranını göstermektedir. Tabloda Türkiye'nin vergi gelirlerinin zaman içinde ciddi bir artış gösterdiği, özellikle dolaylı vergilerin ekonominin büyümesine paralel olarak daha fazla pay aldığı ve dolaysız vergilerin oransal olarak daha az artığını ortaya çıkarmaktadır. Türkiye'nin dolaylı vergi oranı, vergi yükü adaleti konusunda dikkat çeken bir gösterge olup, bu durum gelir dağılımı konusunun da ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

[25] Tuğay Günel, 'Türkiye'de Dolaylı ve Dolaysız Vergilerin Gelir Dağılımına Etkisi: Ekonometrik Bir Uygulama' (2019) 14(55) Journal of Yaşar University 285

[26] Tokatlıoğlu and Ufuk (n 10) 37

Tablo 8. Türkiye'de Dolaysız ve Dolaylı Vergilerin GSYH İçindeki Payı (%)

Yıl	**Dolaysız Vergilerin Payı (GSYH'ya Oran, %)**	**Dolaylı Vergilerin Payı (GSYH'ya Oran, %)**
1998	6,64	8,51
1999	6,72	9,19
2000	6,77	10,53
2001	7,28	10,81
2002	5,78	10,72
2003	5,61	11,48
2004	5,21	11,55
2005	5,28	11,90
2006	5,06	12,20
2007	5,45	11,60
2008	5,49	11,08
2009	5,55	11,21
2010	5,08	12,63
2011	5,32	12,47
2012	5,35	12,02
2013	4,98	12,67
2014	5,12	11,86
2015	5,01	12,15
2016	5,13	12,00
2017	5,16	11,72
2018	5,80	10,35
2019	5,62	9,64
2020	5,22	10,95
2021	5,52	10,24
2022	5,90	9,69
2023	5,61	11,03
2024	5,84	11,20

Kaynak:SBB/2024

2024 Yıllık Vergilendirme Raporu'na göre, Avrupa Birliği (AB) ülkelerindeki vergi sistemlerinin analizini içeren ve bu ülkelerdeki dolaylı vergilerin toplam vergiler içindeki oranlarını gösteren Tablo 9, 2022 yılında dolaylı vergi payının ortalama olarak %33.8 olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı yıl, Bulgaristan, Hırvatistan, Macaristan ve İsveç gibi ülkeler, %50'nin üzerindeki dolaylı vergi payları ile öne çıkarken; Norveç, Almanya, Belçika, Lüksemburg, Hollanda ve İrlanda ise dolaylı vergi oranının en düşük olduğu ülkeler olarak dikkat çekmektedir. 2010-2022 yılları arasındaki dönemde ise, AB ülkelerindeki dolaylı vergi payının ortalama olarak %0.7 oranında azaldığı gözlemlenmektedir.

Tablo 9. Avrupa Birliği Ülkelerinde Dolaylı Vergilerin Toplam Vergiler İçindeki Payı

Ülke	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Belçika	30.8	30.4	30.5	30	30	30.1	31.2	30.7	30.8	31.6	30.7	31.6	30.2
Bulgaristan	54.7	54,8	55,5	54,9	53,4	53,4	53,5	51.9	50.4	50.9	50	49.03	52.06
Çekya	34.2	35.4	36	36.5	35.1	36	35.4	35.1	33.7	33.5	32.2	32.6	32.6
Danimarka	36.1	36.3	35.8	35.1	32.8	34.6	35.2	34.7	36.2	33.3	33.6	32.2	34.2
Almanya	29.5	29.6	29	28.7	28.5	28.5	27.9	27.4	27.1	27.1	26.2	27.1	27.1
Estonya	41.8	43.2	43.9	42.6	43.2	43.2	44.1	43.4	42.5	43	40.5	40.4	41
İrlanda	39.3	37.6	37.5	37.9	38.3	37.4	37.6	37.3	35.8	35.8	32.5	33.5	30.7
Yunanistan	39.7	40.4	39.6	41	44.4	45.1	45.6	44.9	44.5	45.1	43.1	43.7	47
İspanya	32	31.3	32	33.7	34.3	35.3	35.1	34.9	34.4	33.7	31.2	32.4	32.4
Fransa	34.9	35	34.5	34.3	34.5	34.9	35.2	35.3	35.8	37.3	37.5	37.3	36.9
Hırvatistan	49	48.8	50.5	51	50.07	52	51.9	52.7	53	53.2	51.5	53.6	51.8
İtalya	33.9	34.3	35.4	34.6	35.8	35.4	34.4	34.8	35	34.4	32.6	34.1	33.9
Kıbrıs	45.3	43.3	44.3	43.5	44.6	45.3	46.1	45.4	45.5	42.8	39.4	39.7	40.4
Letonya	43.6	43.9	44.1	45	45.8	46.3	46.8	45.9	47.1	46.6	45.6	45.4	46.1
Litvanya	42.5	43.4	42.1	41.5	41.5	41.2	40.2	40.2	39.5	38.9	38.5	38.1	37.2
Lüksemburg	32.9	33.3	33.6	33.8	35.1	30.8	30.8	30.9	29.6	29.3	29.3	30.7	30.3
Macaristan	47	47.6	47.8	48.5	48.3	48.4	46.4	47.5	49.4	49.7	50.5	52.4	52.3
Malta	43.4	42.5	41.2	40.1	40.7	40.6	39.8	39.5	40.3	38.9	36.5	35.6	36.5
Hollanda	32	31.4	30.6	31	31.4	31.2	31.1	30.9	31.3	31.7	32	32.3	30.4
Avusturya	35.1	35.1	35.1	34.2	33.8	33.5	34.6	34.1	33.1	33	32.6	32.4	32.4
Polonya	44.2	43.8	40.9	40.5	40.8	40.4	40.7	40.9	40.5	39.9	39.8	41.9	40.6
Portekiz	43.8	43.1	43.9	40.6	41.9	42.6	43.8	44.1	44	43.9	41.8	43.1	42.2
Romanya	45.2	46.4	47.7	46.8	46.5	47.6	44.2	41.7	40.5	40.9	39.7	40.8	40
Slovenya	37.3	37.6	38.4	40	40	39.7	39.2	38.6	37.7	38	34.8	35.5	36
Slovakya	37.6	39.3	37.6	36.9	36.6	36	35.3	35.6	35.3	35.5	35.3	34.6	35.8
Finlandiya	31.9	33.1	33.2	33.2	33	32.5	33	32.9	33.6	33.6	33.7	32.5	32
İsveç	51.7	51.8	52.2	51.7	51.4	50.7	51	50.8	51.2	51.4	50.8	50.5	51.4
İzlanda	40.7	39.8	40.7	39.5	40.6	41.2	27.5	39.6	39.3	39	38.3	39.4	37.9
Norveç	28.1	27	26.8	28.1	29.4	31	32.2	32.1	30.6	30.6	33.2	26.7	20.4
EU-27	34.4	34.5	34.4	34.2	34.3	35.5	34.3	34.2	34.1	34.2	33.4	34	33.8
A-19	33	33	32.9	32.7	33	33.1	32.9	32.7	32.7	32.9	32	32.6	32.3

Kaynak: European Commission, 2024.

4.SONUÇ

Gelir eşitsizliği, ekonomik kalkınma ve toplumsal huzur açısından önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu eşitsizliğin azaltılmasında, vergi politikaları temel araçlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Vergi sistemleri, gelir dağılımını dengelemeyi amaçlarken, ekonomik fırsat eşitliği sağlayan bir yapının oluşturulmasında da kritik bir rol oynamaktadır. Vergilendirme, yalnızca ekonomik büyümeyi desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda toplumsal adaleti ve sosyal huzuru pekiştiren bir araçtır. Dolaylı ve dolaysız vergilerin doğru bir şekilde yapılandırılması, vergi adaletinin sağlanmasında önemli bir yer tutmaktadır.

Dolaylı vergiler, genellikle tüm tüketiciler üzerinde orantılı bir şekilde etkili olurken, düşük gelirli bireyler üzerinde daha fazla yük oluşturabilmektedir. Özellikle KDV, ÖTV gibi vergiler, düşük gelirli kesimler için daha fazla harcama yapmalarını zorunlu kıldığı için, bu vergiler gelir eşitsizliğini artırıcı bir etkiye sahip olabilir.

Bununla birlikte, dolaysız vergiler, özellikle gelir vergisi gibi sistemler, daha progresif şekilde uygulanarak, yüksek gelir gruplarından daha fazla vergi alınmasını sağlayabilir ve dolayısıyla gelir dağılımındaki eşitsizlikleri azaltabilir. Dolaylı ve dolaysız vergiler arasındaki dengeyi doğru kurmak, eşitlikçi bir vergi sisteminin temellerini atmaktadır.

Gelir eşitsizliğiyle mücadelede, vergi politikalarının merkezinde her zaman toplumun daha az gelir elde eden kesimlerinin korunması gerektiği unutulmamalıdır. İyi tasarlanmış bir vergi politikası, toplumsal sınıflar arasındaki uçurumları daraltmaya, sosyal hizmetler ve refah devletinin daha geniş kitlelere ulaşmasına olanak tanıyabilir. Progresif vergi sistemleri, vergi dilimlerinin doğru belirlenmesi ve düşük gelirli bireyler için vergi yükünün hafifletilmesi, gelir eşitsizliğinin azaltılmasında en etkili yollardan biridir. Aynı zamanda, vergi kaçakçılığıyla etkin mücadele, vergilerin adil bir şekilde toplanmasını ve toplumsal adaletin sağlanmasını destekler. Vergi kaçakçılığı ve kayıtdışı ekonomi, genellikle yüksek gelirli kesimlerin vergi yükünden kaçmalarına olanak tanırken, düşük gelirli kesimlerin bu sistemde daha fazla yük taşımasına yol açmaktadır.

Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye gibi farklı ekonomik yapıları barındıran ülkelerde yapılan analizler, vergi sistemlerinin gelir dağılımı üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle AB ülkelerinde dolaylı vergilerin yüksek oranları, gelir eşitsizliğini artıran bir faktör olarak dikkat çekmektedir. Türkiye'de ise son yıllarda dolaylı vergilerin oranındaki artış, düşük ve orta gelirli kesimler üzerinde olumsuz etkiler oluştururken, dolaysız vergilerin artırılması ve vergi adaletinin sağlanması, gelir eşitsizliğinin giderilmesinde önemli bir adım olabilmektedir.

Sonuç olarak, vergi politikaları, sadece ekonomik büyümeyi desteklemenin ötesinde, toplumsal eşitliği sağlamak için de önemli bir araçtır. Gelir eşitsizliğini azaltmak ve daha adil bir toplum inşa etmek için, vergi sistemlerinin sadece ekonomik kalkınmayı değil, aynı zamanda toplumsal adaleti ve gelir dağılımındaki eşitsizlikleri hedef alması gerekmektedir. Adil, progresif ve doğru bir şekilde uygulanmış vergi politikaları, toplumsal huzurun ve sürdürülebilir kalkınmanın temellerini atarken, ülkelerin ekonomik refah seviyesini de artıracaktır. Bu bağlamda, vergi sistemlerinin sürekli olarak gözden geçirilmesi ve eşitliği sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılması, toplumların daha adil ve sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemesinde kritik bir rol oynamaktadır.

KAYNAKÇA

Ay H, Adil Gelir Dağılımının Sağlanmasında Özel Tüketim Vergisinin Yeri ve Bunun Türkiye'de Uygulanabilirliği (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2004)

Çoban S, Dolaylı Vergilerin Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Analizi (Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2019)

Demirgil B, 'Vergilerin Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Çalışma' (2018) CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 19(2)

Dinler, Z. (2014). KPSS İktisat, Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.

Erdem M, Şenyüz D and Tatlıoğlu İ, Kamu Maliyesi (14th edn, Ekin Yayınevi 2017)

European Commission, Taxation Trends in the European Union (2024) < https://taxation-customs.ec.europa.eu/taxation/economic-analyses/taxationtrends-eu_en accessed > erişim tarihi 20 şubat 2025

Gastwirth JL, 'The Estimation of the Lorenz Curve and Gini Index' (1972) 54(3) Review of Economics and Statistics 306

Günel T, 'Türkiye'de Dolaylı ve Dolaysız Vergilerin Gelir Dağılımına Etkisi: Ekonometrik Bir Uygulama' (2019) 14(55) Journal of Yaşar University 2

Kalenderoğlu M, Kamu Maliyesi, Bütçe ve Borçlanma (17th edn, Agon Bilgi Akademisi 2016)

OECD, OECD Veri Explorer (2025) <https://data-explorer.oecd.org/> erişim tarihi 19 Mart 2025

Pehlivan, O. (2006). Kamu Maliyesi, Trabzon: Derya Kitabevi

Pınar A, Maliye Politikası Teori ve Uygulama (7th edn, Turhan Kitabevi 2014)

Saraç TB, 'Vergi Yükü ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği' (2015) 169 Maliye Dergisi

Solmaz M, 'Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Vergi Bileşimi (Kompozisyonu)' (2010) Vergi Sorunları Dergisi, 260

Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), Kamu Kesimi Genel Dengesi (2024) < https://www.sbb.gov.tr/kamu-kesimi-genel-dengesi/ > erişim tarihi 20 Şubat 2025

Şen H and Sağbaş İ, Vergi Teorisi ve Politikası (4th edn, Barış Arıkan Yayınları 2020)

Şen, H. ve Sağbaş, İ . (2016), Vergi Teori ve Politikası, (2nd edn Kalkan Matbaacılık (2016)

Şener O, Teori ve Uygulamada Kamu Ekonomisi (7th edn, Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ 2001)

Tabar Ç, 'Vergilerin Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi' (2023) 8(1) International Journal of Public Finance 72

Tokatlıoğlu M and Ufuk S, Maliye Politikası (Ekin Yayınevi 2017)

Turhan S, Vergi Teorisi ve Politikası (7th edn, Filiz Kitabevi 2020)

Türkiye İstatistik Kurumu, Gelir Dağılımı İstatistikleri 2024 (27 Aralık 2024) < https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Gelir-Dagilimi-Istatistikleri-2024-53712 > erişim tarihi 1 Mart 2025

Ulusoy A, Maliye Politikası (8th edn, Umuttepe Yayınları 2016)

Ulutürk S and Ersezer D, 'Gelir, Gelir Dağılımı Yaklaşımları ve Devletin Rolü' (2005) 47 İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Maliye Araştırma Merkezi Konferansları 88

Worl Bank, World Development Indicators (2025) < https://databank.worldbank.org /source/ world-development-indicators erişim tarihi > 7 Mart 2025

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

KAMU FİNANSMANINDA YAŞLANAN NÜFUSUN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Adnan ERDAL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Salihli Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Programı
ORCID: 0000-0002-4417-9925

Ayşe Nur SANDAL
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı
ORCID: 0009-0003-8066-4711

ÖZET
Küresel düzeyde hızla yaşlanan nüfus yapısı, kamu maliyesi açısından sürdürülebilirliği tehdit eden önemli yapısal sorunlardan biri haline gelmiştir. Doğurganlık oranlarındaki düşüş, yaşam süresinin uzaması ve sağlık alanındaki gelişmelerle birlikte artan yaşlı bağımlılık oranı, kamu harcamaları ve gelir yapısı üzerinde çift yönlü bir baskı oluşturmaktadır. Emeklilik maaşları, sağlık hizmetleri ve uzun dönemli bakım gibi yaşlı nüfusa yönelik sosyal harcamaların artması; kamu harcama kalemlerinin yapısını değiştirmekte ve bütçe üzerinde ilave yükler oluşturmaktadır. Buna karşılık, iş gücüne katılım oranlarındaki azalma ve vergi tabanının daralması, gelir yönlü kaynaklarda daralmaya neden olarak kamu bütçelerinde açık riskini artırmaktadır. Böylelikle, yaşlanan nüfusun kamu finansmanı üzerindeki baskıları uzun vadede daha sürdürülebilir bir düzeye çekilebilir.Bu çalışma, yaşlanan nüfusun kamu finansmanı üzerindeki etkilerini gelir ve harcama yönlü boyutlarıyla analiz etmekte; emeklilik sistemlerinin sürdürülebilirliği, vergi yapısının etkinliği ve mali disiplin açısından doğabilecek sorunlara dikkat çekmektedir. Ayrıca, yaşlanan toplum yapısına karşı geliştirilen politika önerileri sunmaktadır. Elde edilen bulgular, yaşlanmanın mali etkilerinin yalnızca kısa vadeli bütçe dengeleriyle sınırlı kalmadığını; aynı zamanda maliye politikalarının uzun vadeli planlama kapasitesini yeniden şekillendirme gerekliliğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yaşlanan Nüfus, Kamu Finansmanı, Sosyal Güvenlik Sistemleri, Demografik Dönüşüm, Mali Sürdürülebilirlik

EXAMINING THE EFFECTS OF AN AGAING POPULATION ON PUBLIC FINANCES

ABSTRACT
The rapidly aging population structure at the global level has become one of the important structural problems that threaten the sustainability of public finances. The decline in fertility rates, the increasing elderly dependency ratio along with the prolongation of life expectancy and the developments in the field of health create a two-way pressure on the public spending and income structure.apidly aging population structure at the global level has become one of the important structural problems that threaten the sustainability of public finances. The decline in fertility rates, the increasing elderly dependency ratio along with the prolongation of life expectancy and the developments in the field of health create a two-way pressure on the public spending and income structure. The increase in social expenditures for the elderly population, such as pensions, health services and long-term care, changes the structure of public expenditure items and creates additional burdens on the budget.

In contrast, the decrease in labor force participation rates and the narrowing of the tax base cause a narrowing in income-oriented resources, increasing the risk of deficits in public budgets.n contrast, the decrease in labor force participation rates and the narrowing of the tax base cause a narrowing in income-oriented resources, increasing the risk of deficits in public budgets. This study analyzes the effects of the aging population on public finances in terms of income and expenditure dimensions; draws attention to the problems that may arise in terms of the sustainability of pension systems, the effectiveness of the tax structure and fiscal discipline. In addition, it offers policy recommendations developed against the aging society structure. The findings reveal that the financial impacts of aging are not limited to short-term budget balances; they also reveal the need to reshape the long-term planning capacity of fiscal policies.
Keywords: Aging Population, Public Finance, Social Security Systems, Demographic Transformation, Financial Sustainability

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok ülke, başta gelişmiş ekonomiler olmak üzere, derin ve sürekli bir demografik dönüşüm süreciyle karşı karşıyadır. Bu dönüşümün en dikkat çekici boyutlarından biri, nüfusun giderek yaşlanmasıdır. Doğurganlık oranlarının azalması, yaşam beklentisinin artması ve sağlık hizmetlerinde yaşanan teknolojik ilerlemeler gibi etkenler, nüfusun yaş yapısını köklü bir biçimde değiştirmektedir. Bu demografik değişim yalnızca sosyal ve kültürel yapılar üzerinde değil, aynı zamanda ekonomik sistemler ve özellikle kamu finansmanı üzerinde ciddi yansımalar doğurmaktadır.

Nüfusun yaşlanması, kamu finansmanında özellikle iki temel kanal üzerinden etkili olmaktadır: kamu gelirleri ve kamu harcamaları. Bir yandan, yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte iş gücü piyasasına katılım oranı azalmakta, çalışan nüfusun toplam nüfusa oranı düşmekte ve bu durum gelir üzerinden alınan vergiler ile sosyal güvenlik primleri gibi temel kamu gelir kalemlerinde daralma riski oluşturmaktadır. Diğer yandan ise yaşlı bireylerin emeklilik maaşları, sağlık hizmetleri, uzun dönemli bakım ve sosyal yardımlar gibi kamu harcamalarına daha fazla ihtiyaç duymaları, kamu bütçesi üzerinde baskıyı artırmaktadır. Böyle bir ortamda mali sürdürülebilirlik, kamu açıklarının büyümesi ve kamu borçluluğunun artması gibi ciddi sorunlara zemin hazırlayabilmektedir.

Yaşlanan nüfusun kamu maliyesi üzerindeki etkilerinin yalnızca niceliksel değil, aynı zamanda yapısal boyutları da bulunmaktadır. Vergi tabanının daralması, sosyal güvenlik sistemlerinin aktüeryal dengesinin bozulması, kamu harcamalarının kompozisyonunun değişmesi ve mali önceliklerin yeniden belirlenme gerekliliği, hükümetlerin politika tasarım süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, maliye politikalarının yalnızca mevcut makroekonomik koşullara değil, aynı zamanda demografik projeksiyonlara da duyarlı biçimde yeniden yapılandırılması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Bu çalışma, yaşlanan nüfusun kamu finansmanı üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir perspektifle ele almayı amaçlamaktadır. Demografik yaşlanmanın gelir ve harcama yönlü etkileri analiz edilecek; emeklilik sistemleri, sağlık harcamaları, vergi politikaları ve bütçe dengesi çerçevesinde mevcut ve olası sonuçlar değerlendirilecektir. Bu bağlamda çalışma, yaşlanan toplumların karşı karşıya olduğu mali zorlukları anlamaya ve kamu finansmanında uzun vadeli denge arayışına katkı sunmayı hedeflemektedir.

2. Yaşlanan Nüfus: Küresel ve Türkiye'deki Eğilimler

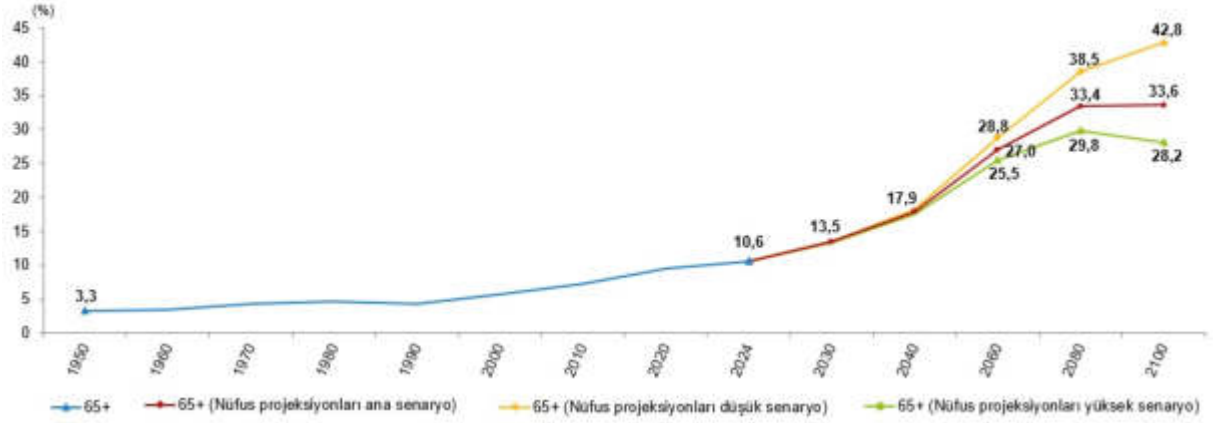
İnsanın yaşam döngüsü, bebeklik ve çocuklukla başlar, ardından ergenlik, gençlik ve yetişkinlik evrelerinden geçer. Son olarak yaşlılık dönemiyle hayat serüvenini tamamlamaktadır (Şentürk, 2020). Hayat, anne karnında başlayan bir süreçtir ve bu sürecin tamamı yaşlanma olarak adlandırılırken; yaşlılık, bu sürecin sadece belli bir evresini temsil etmektedir (Tufan, 2016). Farklı bir şekilde ifade etmek gerekirse, yaşlılık insan hayatının son evresini oluşturan ileri yaş dönemidir. Buna karşılık yaşlanma, doğumdan başlayıp ölüme kadar süren doğal ve kaçınılmaz bir süreçtir (Kalınkara, 2016). Birleşmiş Milletler, yaşlıları tanımlarken genellikle 60 yaşını esas alırken, pek çok gelişmiş ülkede 65 yaş, sosyal güvenlik haklarının başladığı dönem olması nedeniyle yaşlılık için bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle "yaşlı" kavramı, toplumdan topluma değişiklik gösterebilir ve net bir tanımı yapılamamaktadır (UNFPA, 2012).

Nüfusun yaşlanma süreci genellikle iki temel değişkenin uzun süren etkisiyle birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan nüfusun yaşlanması öncelikle bir toplumdaki doğurganlık oranlarının geçmiş yıllara göre kademeli olarak düşmesinin bir sonucudur. İkincisi, toplumdaki bağımlı olanların çalışma çağındaki yetişkinlere oranının azalması şeklinde ifade edilmektedir. Nüfusun ortalama yani medyan yaşının süreç içerisinde artış göstermesi, genel nüfus içerisindeki çocukları temsil eden oranın azalması ve yaşlı nüfusun belirgin bir biçimde artmaya başlaması nüfusunun yaşlanmaya başladığının bir göstergesidir (Weil, 2006).

Küresel nüfusun yaş dağılımına bakıldığında, 20. yüzyılın ortalarına kadar nüfus artış hızının görece yavaş seyrettiği, yaş yapısında büyük değişimlerin yaşanmadığı ve yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki payının oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır (Seyran ve Lordoğlu, 2016). Fakat 20. yüzyılın ortalarından sonra, özellikle Batı ülkeleri ve diğer gelişmiş toplumlarda yaşanan önemli demografik değişimler, nüfusun yaş yapısını belirgin şekilde etkilemiştir. Ortalama yaşam süresinin uzaması, insanların daha uzun süre sağlıklı yaşamaları anlamına gelirken; doğum ve ölüm oranlarının düşmesi, genç nüfusun azalmasına ve yaşlı nüfusun toplam içindeki payının artmasına neden olmuştur.

2.1. Türkiye'de Nüfusun Yaşlanma Hızı

Türkiye, küresel çapta yaşanan "demografik dönüşüm" sürecinin bir parçası olarak, hızla yaşlanan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu süreçte çocuk ve genç nüfus oranlarında belirgin bir düşüş görülürken, yaşlı nüfusun oranı giderek artmaktadır. Özellikle son on yılda doğurganlık oranında meydana gelen keskin düşüş, Türkiye'nin "çok yaşlı ülkeler" kategorisine girmesine neden olmuştur. Doğurganlıkta yaşanan bu sürekli azalmaya ek olarak, yaşam kalitesinin ve refah düzeyinin yükselmesiyle birlikte sağlık alanındaki ilerlemeler sayesinde ölüm oranlarında düşüş yaşanmakta; buna bağlı olarak da doğumda beklenen yaşam süresi ve yaşlı nüfus oranı artış göstermektedir. Yaşlı nüfus olarak kabul edilen 65 ve daha yukarı yaştaki nüfus, 2019 yılında 7 milyon 550 bin 727 kişi iken son beş yılda %20,7 artarak 2024 yılında 9 milyon 112 bin 298 kişi oldu. Yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki oranı ise 2019 yılında %9,1 iken, 2024 yılında %10,6'ya yükselmiştir (TÜİK, 2025).

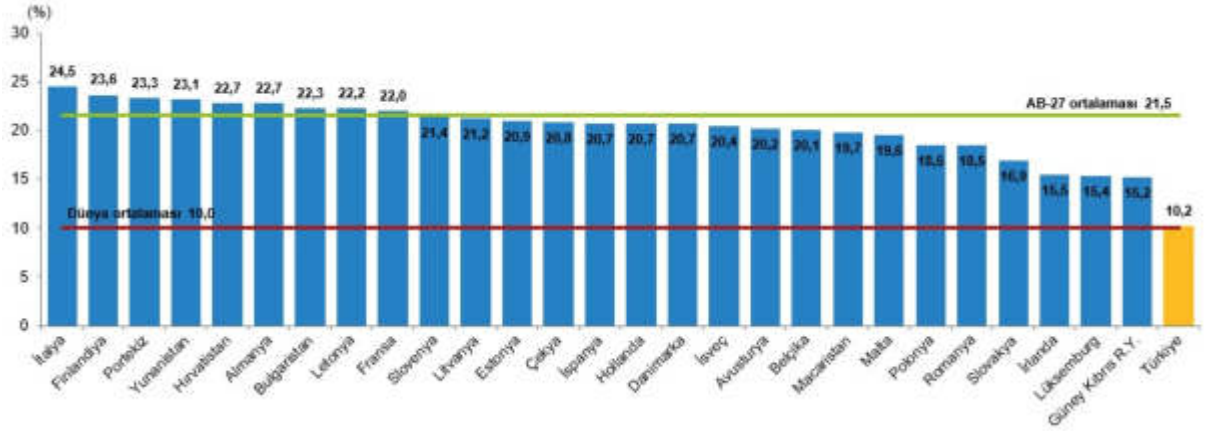


Kaynak:TÜİK, Genel Nüfus Sayımları, 1950-2000
TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, 2010-2024
TÜİK, 2024 Nüfus Projeksiyonları, 2030-2100

Yukarıdaki grafikte, Türkiye'de 65 yaş ve üzeri nüfusun oranının 1950'den 2100 yılına kadar olan değişimini ve geleceğe dair üç farklı senaryoya göre yapılan projeksiyonları göstermektedir. Nüfus projeksiyonlarına göre Türkiye'de yaşlı nüfus oranı, demografik yapıdaki mevcut eğilimlerin devam etmesi halinde, yani ana senaryoya göre, önümüzdeki yıllarda düzenli şekilde artmaya devam edecektir. Bu senaryoya göre 2030 yılında 65 yaş ve üzeri nüfusun oranı %13,5'e ulaşacak, 2040'ta %17,9'a, 2060'ta %27'ye, 2080'de %33,4'e ve 2100'de ise %33,6'ya çıkacaktır.Düşük senaryo, doğurganlık oranlarındaki hızlı düşüşün sürdüğü varsayımıyla oluşturulmuştur. Bu senaryoya göre yaşlı nüfus oranı daha da hızlı artış gösterecek; 2030'da %13,5, 2040'ta %18,2, 2060'ta %28,8, 2080'de %38,5 ve 2100 yılında ise %42,8 gibi oldukça yüksek bir seviyeye ulaşacaktır. Bu durum, doğurganlık oranlarındaki düşüşün demografik yaşlanmayı daha da hızlandıracağını göstermektedir. Buna karşılık yüksek senaryo, doğurganlık oranını artırmaya yönelik politikaların başarılı olacağı varsayımıyla hazırlanmıştır. Bu durumda yaşlı nüfusun oranı daha sınırlı bir artış gösterecektir: 2030'da %13,4, 2040'ta %17,5, 2060'ta %25,5, 2080'de %29,8 ve 2100'de %28,2 olarak öngörülmektedir. Bu senaryo, doğurganlıkta olası bir toparlanmanın yaşlı nüfus oranındaki yükselişi bir miktar dengeleyeceğini ortaya koymaktadır (TÜİK, 2025).

2.2.AB Ülkelerinde Nüfusun Yaşlanma Hızı

Avrupa Birliği ülkelerinde yaşlı nüfus, genellikle 65 yaş ve üzerindeki bireyleri kapsamakta ve demografik yapıda giderek artan bir paya sahiptir. Doğurganlık oranlarının düşmesi, yaşam süresinin uzaması ve genç nüfus artış hızının yavaşlaması gibi etkenler, AB'de yaşlanma sürecini hızlandırmaktadır.



Kaynak: Birleşmiş Milletler, 2022 Dünya Nüfus Beklentileri, 2023
TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, 2023

Birleşmiş Milletler'in 2023 verilerine göre, AB üyesi 27 ülkede yaşlı nüfus oranları incelendiğinde İtalya (%24,5), Finlandiya (%23,6) ve Portekiz (%23,3) en yüksek oranlara sahip ülkeler olarak öne çıkıyor. Buna karşılık, en düşük yaşlı nüfus oranları Güney Kıbrıs Rum Yönetimi (%15,2), Lüksemburg (%15,4) ve İrlanda (%15,5) gibi ülkelerde görülüyor. Türkiye'nin yaşlı nüfus oranı ise %10,2 ile AB ülkelerinin tamamından daha düşük seviyede bulunuyor. Bu veriler, Türkiye'nin nüfus yapısının AB ülkelerine kıyasla daha genç bir demografik yapıya sahip olduğunu gösteriyor (Tüik 2024).

3. YAŞLANAN NÜFUSUN KAMU FİNANSMANINA ETKİLERİ

Dünya nüfusu her yıl yaklaşık 76 milyon kişi artarak hızlı bir büyüme göstermektedir. 1950'lerde 2 milyarın biraz üzerinde olan küresel nüfus, günümüzde 8 milyarı aşmıştır. Artış hızı yavaşlamış olsa da, yapılan orta vadeli projeksiyonlar 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9,1 milyara ulaşacağını ve o tarihte yıllık artışın yaklaşık 34 milyon civarında olacağını göstermektedir. Bu nüfus artışının büyük bölümü, yaklaşık %95'i, gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşmektedir. Özellikle en az gelişmiş 50 ülkenin nüfusunun yüzyılın ortasına kadar iki katından fazla artması, bazı yoksul ülkelerde ise bu artışın üç katına kadar çıkması beklenmektedir. Buna karşılık, gelişmiş ülkelerde nüfusun 1,2 milyar seviyelerinde sabit kalacağı, hatta bazı zengin ülkelerde düşüş yaşanacağı öngörülmektedir. Nüfusun sadece sayısal büyüklüğü değil, aynı zamanda yaş yapısı da önemli değişiklikler göstermektedir. 60 yaş üzerindeki kişi sayısının 2050 yılına kadar üç kat artarak yaklaşık 1,9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu yaşlanma süreci yalnızca sanayileşmiş ülkelerde değil, aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerde de etkisini gösterecektir. Sanayileşmiş ülkelerde 60 yaş ve üzeri bireylerin oranının %20'den %32'ye, gelişmekte olan ülkelerde ise %8'den %20'ye yükselmesi beklenmektedir (Bloom ve Canning, 2006).

3.1. Sağlık Harcamalarının Artışı

Yaşlı nüfusun artması, kamu harcamalarında genel bir yükselişe neden olmakta ve bu durumun gelecekte nasıl şekilleneceğine dair çeşitli öngörüler yapılabilmektedir. Ancak yaşlı nüfusun, kamu harcamalarının önemli bir unsuru olan sağlık harcamalarını ne ölçüde etkileyeceğini belirlemek, diğer harcama kalemlerine göre daha güçtür. Bunun nedeni, sağlık harcamalarının sadece yaşla değil; bireylerin sağlık durumu, hastalık türleri ve tedaviye erişim gibi birçok faktörden etkilenmesidir. Bu karmaşık yapı, sağlık harcamalarının gelecekteki seyrini tahmin etmeyi zorlaştırmakta ve çeşitli belirsizlikleri beraberinde getirmektedir.

Bu nedenle yaşlı nüfusun sağlık harcamaları üzerindeki etkisini net ve güvenilir biçimde ortaya koymak, politika geliştirme sürecinde kritik bir önem taşımaktadır (Gray, 2005).
Demografik değişimle birlikte yaşlı nüfusun artması, yaşlı bağımlı oranını yükseltmekte ve bu durum kamu harcamaları üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır. Özellikle sağlık hizmetleri, yaşlılara uygun altyapı düzenlemeleri, emeklilik ödemeleri ve tıbbi bakım gibi alanlarda kamu giderlerinin artması beklenmektedir. Bu artan ihtiyaçlar, kamunun daha fazla kaynak kullanmasına ve dolayısıyla harcama ile borçlanma gereksiniminin yükselmesine yol açabilir. Kamu sektörü, bu mali yükü karşılayabilmek adına vergi oranlarını artırma yoluna gidebilir. Ancak azalan ve yaşlanan iş gücü ile birlikte vergi yükünün artması, ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu çerçevede, teorik olarak yaşlı bağımlı oranındaki artışların kamu borçlanmasında artışı beraberinde getirmesi olasıdır (Rahman vd., 2021; Ono, 2002).
Nüfusun yaş yapısında meydana gelen değişimle birlikte, yaşlı bağımlı nüfusun oranı artış göstermektedir. Genç bağımlı nüfusa yönelik harcamaların başında eğitim giderleri gelmekte olup, bu alandaki harcamalarda zamanla azalma beklenmektedir. Buna karşılık, yaşlı nüfusun oranının yükselmesiyle birlikte emeklilik ödemeleri, sağlık hizmetleri ve bakım giderlerinde artış yaşanması muhtemeldir. Ayrıca, ortalama yaşam süresindeki uzama, bireylerin yaşamları boyunca yaptıkları tasarrufların daha hızlı tükenmesine yol açabilir. Öte yandan, yeni nesiller için yüksek sağlık giderleri ve gençlere yönelik eğitim harcamaları, kamu bütçesinde açık oluşturabilecek başlıca kalemler arasında yer almaktadır (Kluge, 2013).
Türkiye İstatistik Kurumu'nun (2024) yayımladığı verilere göre, ülkede yaşlı nüfusun artışına paralel olarak toplam sağlık harcamalarında da sürekli bir yükseliş eğilimi gözlenmektedir. 2022 yılı itibarıyla gerçekleştirilen toplam sağlık harcamalarının %76,4'ü genel devlet sağlık harcamaları kapsamında finanse edilmiştir. Bu harcamaların %44,2'lik kısmı ise Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından gerçekleştirilmiştir. Aynı dönemde kişi başına düşen toplam sağlık harcaması 7.141 TL olarak hesaplanırken, yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki oranı %8,64 olarak kaydedilmiştir. Yaşlı bireylerin sağlık hizmetlerine yönelik gereksinimlerinin diğer yaş gruplarına kıyasla daha yüksek olması nedeniyle, kamu sağlık harcamaları ile yaşlı bağımlı nüfus arasındaki pozitif yönlü ilişkinin varlığı, literatürle de uyumlu biçimde beklenen bir durumdur.

3.2. Sosyal Güvenlik Sistemleri Üzerindeki Baskı

Refah devleti anlayışının yaygınlaşmasıyla birlikte sosyal güvenlik sistemi, modern toplumlar için vazgeçilmez bir kamusal hizmet niteliği kazanmıştır. Sosyal güvenlik sistemleri, kamu hizmetlerinin finansmanına doğrudan ya da dolaylı yoldan katkı sunarak önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle iş gücü piyasası ile sağlık hizmetleri üzerinde belirleyici etkiler oluşturan bu sistemlerin kurumsal yapısı, gelecekte sunulacak kamu hizmetlerinin kapsamını ve kalitesini önemli ölçüde şekillendirecektir.
Sosyal güvenlik sistemi, kısa vadeli sigorta kolları (iş kazası, meslek hastalığı, hastalık ve analık sigortaları) ile uzun vadeli sigorta kolları (malullük, yaşlılık ve ölüm sigortaları) olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Özellikle yaşlı nüfus açısından kritik önem taşıyan yaşlılık sigortası, emeklilerin sosyal güvenlik harcamalarının temelini oluşturmakta ve bu kapsamda yaşlılık aylığı ile toptan ödeme gibi hakları içermektedir. Bu sistem, bireylerin çalışma hayatları boyunca ödedikleri primlere dayalı olarak, ileri yaşlarında ekonomik güvence sağlamayı amaçlamaktadır (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2024). Demografik dönüşümler, sosyal güvenlik sistemi üzerinde derin ve kalıcı etkiler oluşturmaktadır.

Küresel ölçekte olduğu gibi Türkiye'de de doğurganlık oranlarındaki azalma ve yaşam süresindeki uzama nedeniyle nüfus artış hızı yavaşlamakta, buna karşılık yaşlı nüfusun oranı giderek yükselmektedir. Bu demografik eğilim, sosyal güvenlik sistemine yönelik mali ve yapısal baskıları her geçen gün daha da artırmaktadır (Erol,2011). Bu eğilim, sosyal güvenlik sisteminin mali sürdürülebilirliğini tehdit eden yapısal sorunları da beraberinde getirmektedir. Çalışan nüfus sayısındaki azalma, prim gelirlerinde düşüşe yol açarken; emekli, hasta ve bakıma muhtaç bireylerin sayısındaki artış, sistemin harcama yükünü artırmaktadır. Özellikle emeklilik ve sağlık harcamalarında yaşanan artış, sosyal güvenlik fonlarının açık vermesine ve kamu bütçesi üzerindeki baskının büyümesine neden olmaktadır.

3.3. Vergi Gelirlerinde Azalma ve Mali Sürdürülebilirlik

Vergilendirme, belirli davranışları teşvik etmek ya da toplumsal sorunlara çözüm üretmek amacıyla kullanılan temel kamu politikası araçlarından biridir. Vergilendirmenin önemli bir politika aracı olarak öne çıktığı alanlardan biri de, toplumların yaşlanmasıyla birlikte ortaya çıkan yeni demografik koşullardır. Zira yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki payının artması, kuşaklar arasındaki vergi yükü ve katkısı dengesini bozarak nesiller arası mali adaletsizlik riskini beraberinde getirecektir (Begum ve Moment, 2019).

Nüfusun yaşlanması, özellikle gelir vergisine dayalı kamu yönetimleri üzerinde dört temel etki oluşturabilir. İlk olarak, yaşlanma ile birlikte ekonomik büyüme hızında meydana gelen yavaşlama, vergi matrahını daraltarak gelir vergisi tahsilatını azaltabilir. İkinci olarak, vergi mevzuatında yaşlı bireyler için tanınan istisna ve muafiyetlerin, yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte gelir vergisi gelirlerinde düşüşe yol açması muhtemeldir. Üçüncü olarak, yaşlı nüfusu desteklemek amacıyla getirilebilecek vergi artışları, bu bireyleri vergi avantajı sunan bölgelere veya ülkelere göç etmeye teşvik edebilir. Son olarak, bireyler yaşam sürelerini ve emeklilik dönemlerini göz önünde bulundurarak tüketim alışkanlıklarını kısıtlayabilir, bu da genel harcama düzeyini ve dolayısıyla dolaylı vergi gelirlerini olumsuz etkileyebilir (Bernstein, 2009).

Vergi tabanının genişliği ve sürdürülebilirliği, toplumdaki çalışabilir yaştaki nüfusun büyüklüğüyle doğrudan ilişkilidir. Demografik değişimlere bağlı olarak işgücüne katılım oranında yaşanan dalgalanmalar, vergi sisteminde hem yapısal hem de gelir düzeyinde önemli etkiler meydana getirmektedir. Bu bağlamda, özellikle gelir vergisinin planlanmasında ve tahmin edilebilirliğinde nüfus projeksiyonları kritik bir rol oynamaktadır. Zira yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte emekli bireylerin sayısı yükselirken, aktif çalışan nüfusun azalması gelir vergisi gelirlerinde düşüşe neden olmaktadır (Ball & Creedy, 2014). Nüfusun yaşlanması, birçok ülkede işgücü piyasasında yer alan bireylerin sayısının azalmasına yol açarak, doğrudan vergi gelirlerinde düşüşe neden olabilir. Özellikle OECD ülkelerinde vergi sistemlerinin büyük ölçüde emek gelirine dayalı olması, çalışan nüfusun azalmasıyla birlikte kişisel gelir vergileri ile sosyal güvenlik primlerinde kayda değer bir azalma riskini gündeme getirmektedir (Colin ve Brys, 2019).

3.4. Borçlanma ve Maliye Politikaları

Demografik yapının değişmesiyle birlikte yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki payı arttıkça, kamu sektörünün sağlık hizmetleri, yaşlılara uygun altyapılar, emeklilik ödemeleri ve bakım hizmetleri gibi alanlarda daha fazla harcama yapması gerekecektir. Bu durum kamu harcamalarında artışa ve dolayısıyla daha fazla fon ihtiyacına yol açabilir. Devlet, bu artan mali yükü karşılayabilmek için vergileri yükseltmeyi tercih edebilir. Ancak, işgücünün daraldığı bir ortamda vergi artışları ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilir.

Bu nedenle, teorik olarak yaşlı bağımlı oranındaki artışı, kamu borçlanmasında bir yükselişin takip etmesi muhtemeldir (Rahman vd., 2021; Ono, 2002).

Nüfusun yaşlanması, kamu borçlarının artmasında önemli bir etken olarak görülebilir. Yaşlı nüfusun artışı, emeklilik, sağlık ve sosyal hizmetler gibi alanlarda kamu harcamalarını yükseltirken, aynı zamanda işgücünün daralması nedeniyle vergi gelirlerinin azalmasına yol açar. Bununla birlikte, yaşlanan nüfusun üretkenliği düşürmesi ve ekonomik büyümeyi yavaşlatması, devletlerin borçlanma ihtiyacını artırır. Ayrıca, artan yaşlı bağımlılık oranı, düşük tasarruf oranları ve yükselen faiz maliyetleriyle birleşince, kamu finansman dengesi üzerinde ek baskı oluşturur. Tüm bu faktörler, nüfus yaşlandıkça kamu borçlarının sürdürülebilirliğini zorlaştıran bir kısır döngü oluşturur (Afflatet, 2018).

Literatürde yaşlı bağımlılık oranındaki artışın kamu harcamalarını önemli ölçüde yükselteceğini belirtilmiştir. Bunun temel nedeni, emeklilik maaşları, sağlık giderleri, sosyal yardımlar ve yaşlı bakım hizmetleri gibi kalemlerdeki harcamaların artacağı öngörüsüdür. Aynı zamanda, işgücünün azalması vergi gelirlerini düşürerek kamu finansman dengesini bozabilmektedir. Gelirlerin azalması ve giderlerin artması nedeniyle ortaya çıkan bu olumsuz tablo, devletleri borçlanmaya itebilir. Yapılan çalışmalarda, bu dinamiklerin kamu borçlanması üzerindeki etkisi incelenmiş ve nüfus yaşlanmasının sürdürülebilir mali politikalar açısından önemli bir risk oluşturduğu vurgulanmıştır.

4. POLİTİKA ÖNERİLERİ

Son yüzyılda sağlık hizmetlerinde yaşanan ilerlemeler ve teknolojik gelişmeler, özellikle gelişmiş ülkelerde yaşam kalitesini artırmış ve insanların daha uzun yaşamasına olanak sağlamıştır. Bu durum, yaşlı nüfusun toplam içindeki payının hızla artmasına neden olmuştur. Nüfusu büyük ölçüde yaşlanmış olan gelişmiş ülkelerin bu sürecin oluşturduğu sorunlara karşı uyguladığı politikalar, henüz yaşlanma sürecinin başında olan gelişmekte olan ülkeler için rehber niteliğinde olabilmektedir (Cantürk, 2021). Böylece gelişmekte olan ülkeler, önleyici stratejiler geliştirerek yaşlanmanın ekonomi, sağlık ve sosyal güvenlik sistemi üzerindeki olası olumsuz etkilerini hafifletebilir ve daha sürdürülebilir kamu politikaları oluşturabilmektedir.

- Yüksek gelirli ülkeler, yaşlı nüfusun aşırı artışı karşısında emeklilik yaşını yükselterek hem sağlıklı yaşlı bireylerin bilgi birikimi ve deneyimlerinden daha uzun süre faydalanabilir, hem de bu kesimin üretkenliğini ekonomiye kazandırabilir. Bu sayede, nüfus yaşlanmasının işgücü piyasası ve ekonomik büyüme üzerindeki olumsuz etkileri kısmen dengelenebilir. Böyle bir politika, aktif yaşlı nüfusun potansiyelini değerlendirirken, aynı zamanda emeklilik sistemlerinin sürdürülebilirliğine de katkı sağlayabilmektedir.

Emeklilik yaşının yükseltilmesi, bireylerin daha uzun süre çalışmasını teşvik ederek artan emeklilik giderlerinin finansmanına katkı sağlayabilir. Bazı yaşlı bireyler, uzun yıllar boyunca edindikleri bilgi ve deneyim sayesinde fiziksel kapasitelerinde meydana gelen azalmaları dengeleyerek üretken kalmayı başarabilir. Yaşlı bireylerin verimliliği zamanla bir miktar azalsa da, kıdeme bağlı yüksek maaşlar zorunlu olmadıkça, bu çalışanlar iş gücü piyasasında değerlendirilebilir. Her ne kadar yaşlı çalışanların istihdamı, gençlerin iş bulmasını zorlaştırabileceği yönünde görüşler olsa da, genel olarak iş gücüne daha fazla kişinin katılması ekonomik büyümeyi destekleyebilir ve bu da tüm yaş grupları için daha fazla istihdam imkânı oluşturabilmektedir (Schwarz vd., 2014).

- Gümüş ekonomi, yaşlı bireylerin toplumsal ve ekonomik hayata aktif katılımını desteklemeyi amaçlayan politikalar bütünü olarak tanımlanabilir. Bu çerçevede, yaşlı nüfus için yaşa uygun yaşam alanlarının oluşturulması, yaş ayrımcılığına karşı mücadele edilmesi ve bu bireylerin sahip oldukları bilgi ve becerilerin istihdam yoluyla değerlendirilmesine yönelik teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi öne çıkmaktadır. Ayrıca, yaşlı bireylerin yalnızca fiziksel olarak değil, sosyal ve ekonomik olarak da aktif kalmalarını sağlayacak katılımcı koşulların oluşturulması, gümüş ekonominin temel unsurları arasında yer almaktadır (Demirbilek ve Özgür, 2017). Nüfusun yaşlanmasıyla birlikte, yaşlı bireylerin yaşam kalitesini artıracak ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi ve gümüş ekonomi pazarının genişletilmesi büyük önem kazanacaktır. Aynı zamanda, aktif yaşlıların işgücüne katılımını teşvik edecek politikalar oluşturarak hem onların deneyimlerinden faydalanmak hem de ekonomik üretkenliği sürdürmek mümkündür. Bu doğrultuda, yaş dostu istihdam modelleri ve gümüş pazar stratejileri geliştirilerek, yaşlanan nüfusun yükünü azaltacak ve ekonomik fırsata dönüştürecek çözümler üretilmelidir.

Demografik yaşlanma sürecinin hızlanmasıyla birlikte, işletmelerin yaşlı tüketici segmentinin ihtiyaçlarına yönelik özel ürün ve hizmetler geliştirmesi ekonomik üretim hacminin genişlemesine katkı sağlayabilir. Paralel olarak, sağlık sisteminde yapılacak iyileştirmeler ve esnek çalışma modellerinin uygulanması sayesinde, yaşlı bireylerin hem fiziksel hem de psikolojik olarak daha aktif hissetmeleri sağlanabilir. Bu durum, deneyimli insan kaynağının işgücü piyasasında daha uzun süre kalmasını mümkün kılarak, ekonomik verimlilik ve bilgi transferi açısından önemli faydalar yaratabilir (Turan ve Çolakoğlu, 2009)

- Emeklilik sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve gelir üzerinden alınan vergilerde yaşanabilecek kayıpları önlemek adına, hükümetlerin kayıt dışı ekonomiyle etkin bir şekilde mücadele etmesi gerekmektedir. Kayıt dışılık, maliye politikalarının etkinliğini ciddi şekilde zayıflatmakta; vergi tabanını daraltarak vergi oranları üzerinde artış baskısı oluşturmaktadır. Bununla birlikte, vergi yükünün yalnızca kayıtlı kesim üzerine yüklenmesi, mali sistemde yatay eşitlik ilkesinin ihlali anlamına gelmektedir. Özellikle yaşlanan toplumlar bağlamında kayıt dışılığın yeniden değerlendirilmesi önem arz etmektedir; zira kayıt dışı istihdam, emeklilik sistemine yapılan katkıların azalmasına ve bu durumun bir sonucu olarak emeklilik haklarının, bireylerin çalışma dönemi gelirlerine oranla belirgin biçimde düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, düşük kapsayıcılığa sahip sosyal güvenlik sistemleri kayıt dışılıkla birlikte özellikle yoksul kesimleri orantısız biçimde etkileyerek gelir dağılımındaki eşitsizliği derinleştirmektedir (Redonda vd., 2019).
- Demografik yaşlanmanın özellikle gelişmiş ekonomilerde yol açtığı işgücü arzı daralması, sosyal güvenlik sistemleri üzerinde ciddi mali baskılar oluşturmakta ve makroekonomik istikrarı tehdit edebilmektedir. Bu bağlamda, kadın işgücüne katılım oranlarının düşük olduğu ülkeler, nüfus yaşlanmasının olumsuz etkilerini hafifletmek için potansiyel bir çözüm olarak kadın istihdamını artırıcı politikalar uygulayabilirler. Söz konusu politikalar sayesinde, yaşlı nüfusun emeklilik sonrası oluşan üretkenlik kaybı kısmen telafi edilebilir ve sürdürülebilir ekonomik büyüme hedeflerine ulaşılabilir. Bu yaklaşım, aynı zamanda toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanmasına da katkıda bulunarak çift taraflı bir kazanım sağlamaktadır.

İstatistiksel veriler, yüksek gelirli ülkelerde 65 yaş ve üzeri bireylerin toplam nüfus içindeki oranının artmasına paralel olarak kadınların iş gücüne katılımında da belirgin bir artış olduğunu ortaya koymaktadır. 1990 yılında söz konusu ülkelerde 65 yaş üstü nüfusun oranı %12 iken, bu oran 2015 yılında %17'ye, 2021 yılında ise %19'a yükselmiştir. Aynı dönemler itibarıyla 15-64 yaş aralığındaki kadınların iş gücüne katılım oranı ise sırasıyla %58, %65 ve %67 olarak gerçekleşmiştir.

Bu gelişmeler, demografik yaşlanmanın iş gücü piyasasındaki cinsiyet temelli dinamiklerle yakın ilişki içinde olduğunu göstermektedir (The World Bank, 2022).

- Politik karar alıcıların, gelecekte ortaya çıkması muhtemel demografik dönüşümleri öngörerek maliye politikalarını yaşlı bağımlılık oranının gerektirdiği mali disiplin çerçevesinde şekillendirmeleri gerekmektedir. Hükümetlerin, yaşlanan nüfusun artan sosyal transfer ve hizmet taleplerini karşılayabilecek düzeyde yapısal düzenlemelere yönelmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda, maliye politikalarının yalnızca mevcut borç düzeylerine odaklanarak değil, aynı zamanda uzun vadede karşılaşılması beklenen demografik baskıları da dikkate alacak şekilde kapsamlı ve sürdürülebilir bir yaklaşımla kurgulanması gerekmektedir (Bokan vd., 2015). Refah devleti uygulamalarının etkisiyle günümüzde birçok ülkede kamu borçluluğunun artmış olması ve buna ek olarak küresel ölçekte yaşlı nüfus oranındaki yükseliş dikkate alındığında, demografik yapıyla bütçe kısıtları arasında çeşitli mali sorunların ortaya çıkma olasılığı oldukça yüksektir. Bu çerçevede, karar alıcıların olası riskleri önceden öngörerek, henüz kriz boyutuna ulaşmadan gerekli politika önlemlerini devreye sokmaları büyük önem taşımaktadır (Afflatet, 2018).
- İş gücü arzını belirleyen temel unsurlar arasında nüfusun demografik yapısı, eğitim düzeyi ve cinsiyet dağılımı önemli bir yer tutmaktadır. Çalışma çağındaki nüfusun (15-64 yaş) toplam nüfus içindeki oranının azalması, buna karşılık 65 yaş ve üzeri bireylerin oranının artması ile kadınların iş gücüne katılım oranının düşük seyretmesi veya gerilemesi, iş gücü arzı üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu değişkenler, emek piyasasının sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Kutlu, 1991).Sermaye birikimi ve doğal kaynaklar açısından zengin, ancak emek faktörünün görece kıt olduğu ekonomiler, işgücü göçü politikaları yoluyla emek arzını artırarak üretim faktörlerinin optimal dağılımını sağlayabilirler. Bu strateji, mevcut sermaye stokunun daha etkin kullanımına imkan tanırken, yatırım olanaklarını genişleterek ekonomik büyüme potansiyelini artırmaktadır. Söz konusu yaklaşım, kaynakların tam kapasiteyle değerlendirilmesini mümkün kılarak ulusal refah düzeyinin yükseltilmesine önemli katkı sağlayabilecektir (Şahin, 2008).

SONUÇ

Küresel ölçekte yaşanan demografik dönüşüm, kamu maliyesi başta olmak üzere birçok yapısal alan üzerinde belirleyici etkiler oluşturmaktadır. Bu dönüşümün en kritik boyutlarından biri olan nüfusun yaşlanması, mali sürdürülebilirliği tehdit eden uzun vadeli bir risk alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle yaşlı bağımlılık oranındaki artış, hem kamu harcamalarının artmasına hem de kamu gelirlerinin azalmasına yol açmakta; bu durum, bütçe dengesi üzerinde çift yönlü bir baskı oluşturmaktadır. Yaşlanan nüfusun artan emeklilik, sağlık, sosyal güvenlik ve bakım hizmetlerine olan ihtiyacı, kamu harcamalarının yapısal olarak genişlemesine neden olurken; aynı süreçte işgücü piyasasında aktif birey sayısının azalması, vergi tabanının daralmasına ve sosyal güvenlik primlerinde düşüşe yol açmaktadır.

Bu bağlamda, yaşlanan nüfusun kamu finansmanı üzerindeki etkileri yalnızca niceliksel düzeyde değil, aynı zamanda yapısal ve işlevsel düzeyde de değerlendirilmelidir. Kamu harcamalarının bileşiminde yaşa duyarlı kalemlerin ağırlık kazanması, kamu bütçesinin yeniden önceliklendirilmesini gerektirmekte; aynı zamanda mevcut vergi yapılarının adil, etkin ve sürdürülebilir biçimde yeniden düzenlenmesini zorunlu kılmaktadır. Emeklilik sistemlerinde aktüeryal denge sorunları, sağlık sistemlerinde hizmet sunumunun maliyet etkinliği, sosyal yardımların hedefe yönelikliği ve vergi adaletinin korunması gibi alanlar, yaşlanan nüfus karşısında yeniden yapılandırılması gereken başlıca politika alanları olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmada ulaşılan bulgular, kamu finansmanında yaşa duyarlı politikaların geliştirilmesinin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Emeklilik yaşının kademeli olarak artırılması, kayıt dışı istihdamın azaltılması, kadınların ve ileri yaş gruplarının iş gücüne katılımının desteklenmesi gibi önlemler, hem kamu gelirlerini artırabilecek hem de sosyal sistemlerin sürdürülebilirliğini güçlendirebilecek stratejiler arasında yer almaktadır. Ayrıca, maliye politikalarının yalnızca mevcut bütçe açıklarına değil, uzun vadeli demografik projeksiyonlara dayalı olarak şekillendirilmesi; kuşaklar arası adaletin ve mali istikrarın sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Sonuç olarak, yaşlanan nüfusun kamu maliyesi üzerindeki etkilerinin etkili bir biçimde yönetilebilmesi, çok boyutlu, kapsayıcı ve geleceğe dönük politika yaklaşımlarını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede geliştirilecek bütüncül maliye politikaları, yaşlanmanın meydana getirdiği ekonomik ve sosyal baskıların hafifletilmesine katkı sunacak; mali disiplinin korunması, refahın sürdürülebilirliği ve kamu hizmetlerinin etkinliği açısından yol gösterici olacaktır.

KAYNAKÇA

ABD RAHMAN, N. H., ISMAİL, S., ve RİDZUAN, A. R. (2021). An Ageing Population And External Debt: An Empirical İnvestigation. *Journal of Business Economics and Management*, 22(2), 410-423.

AFFLATET, N. (2018). The İmpact Of Population Ageing On Public Debt: A Panel Data Analysis For 18 European Countries. *International Journal of Economics and Financial Issues,* 8(4), 68-77.

BALL, C. ve CREEDY, J. (2014). Population Ageing And The Growth Of İncome And Consumption Tax Revenue. *New Zealand Economic Papers*, 48(2), 169-182.

Begum M. ve Momend N. (2019). Tax Policies and Older Adults, *Encyclopedia of Gerontology and Population Aging* (Ed.: D. Gu, M. E. Dupre), Springer Nature Switzerland AG.

BERNSTEİN, D. P. (2009). Demographic Change And The Future Of State İncome Taxes. George Mason University Çalışma Kâğıdı, 1-22.

Bloom D. E., ve Canning, D. (2006), Demographic Challenges, Fiscal Sustainability and Economic Growth. *PGDA Working Paper*, No: 8, Program on the Global Demography of Aging, May, 1-13.

BOKAN, N., HALLETT, A. H., ve JENSEN, S. E. H. (2016). Growth-Maximizing Public Debt Under Changing Demographics. *Macroeconomic Dynamics*, 20(6), 1640-1651.

Cantürk, S. (2021). Gelişmiş Ülkelerde Sosyal Politika Uygulamaları: Japonya Örneği. *İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi* , 188-202.

Colin C. ve Brys B. (2019). Population Ageing and Sub-Central Governments: Long-term Fiscal Challenges and Tax Policy Reform Options. OECD, *Working Papers on Fiscal Federalism* No. 30, OECD Publishing, 1-29.

Demirbilek, T. ve Özgür, A. Ö. (2017). Gümüş ekonomi ve aktif yaşlanma bağlamında yaşlı istihdamı. *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, 10(1), 14-28.

Erol, M. (2012). Avrupa Birliği'nde nüfusun yaşlanması ve sağlık harcamalarına etkisi. Sosyal Güvence, (1), 54-81.

Gray, A. (2005). Population ageing and health care expenditure, Oxford Institute of Ageing, Ageing Horizons. 2(1), 15-20.

Kalınkara, V. (2016). Temel Gerontoloji Yaşlılık Bilimi. Ankara: Nobel Yayıncılık.

KLUGE, F. A. (2013). The Fiscal Impact Of Population Aging İn Germany. *Public Finance Review*, 41(1), 37-63.

Kutlu, E. (1991). *Uluslararası İşgücü Hareketi Teorisi Çerçevesinde Türkiye 'de AT'ye İşgücü Göçünün Türkiye Ekonomisi Üzerindeki Etkilerinin Analizi*. Doktora Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

UNFPA. (2012). Ageing in the Twenty-First Century: A Celebration and A Challenge. New York and HelpAge International: United Nations Population Fund.

ONO, T. (2003). Social Security Policy With Public Debt İn An Aging Economy. *Journal of Population Economics*, 16(2), 363-387.

Redonda A., Galasso V., Mazur M., Stewart M. ve Whittaker M. (2019). "Taxation in Aging Societies: Increasing the Effectiveness and Fairness of Pension Systems", *Aging Population and its Economic Impact + Immigration*, T20 Japan, 1-17.

Schwarz, A. M., Arias, O. S., Zviniene, A., Rudolph, H. P., Eckardt, S., Koettl, J., et al. (2014). *The Inverting Pyramid: Pension Systems Facing Demographic Challenges In Europe And Central Asia*. Washington D.C: World Bank Publications.

Seyran, G. Ç., & Lordoğlu, K. (2016). Demografik Dönüşüm Sürecinde Türkiye'de Yaşlanma ve Sorunlar. *Journal of Faculty of Political Science* (54), 63-80.

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2024).sgk.gov.tr: https://veri.sgk.gov.tr/ adresinden alındı.

Şahin , L. (2008). Uluslararasi İşgücü Akimlarinin Ekonomik Etkileri: Türk İşgücü Göçü. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.

ŞENTÜRK, Ü. (2020). *Yaşlılık Sosyolojisi Yaşlılığın Toplumsal Yörüngeleri*. 2. Basım, Dora Yayınevi: Bursa.

The Word Bank. (2022). DataBank Population Estimates And Projections.The Word Bank: https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections#

TUFAN, İ. (2016). *Antik Çağ'dan Günümüze Yaşlılık ve Yaşlanma*. Geliştirilmiş 2. Basım. Nobel Akademik Yayıncılık: Ankara.

Turan, A. H., ve Çolakoğlu, B. E. (2009). Yaşlı Tüketicilerde Algılanan Marka Değeri ve Satınalma Niyeti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1).

Türkiye İstatistik Kurumu (2024) Dünya Nüfus Günü https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dunya-Nufus-Gunu-2024-53680

Türkiye İstatistik Kurumu (2025) İstatistiklerle Yaşlılar, https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Yaslilar-2024-54079

Weil, D. N. (2006). *Population Ageing.* Working Paper 12147 http://www.nber.org/papers/w12147

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

EXPLORING THE POTENTIAL OF BETEL LEAVES (*PIPER BETLE*) IN THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE BEAUTY AND SPA PRODUCTS

Muhammad Ameer Isyraff Hasrul
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah

Siti Alyaa Mesarah Budi
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah

Nur Liana Mohd Noor
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah

Leoh Jin Fu
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah

Sharipah Khadijah S.Hashim
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah

ABSTRACT
The increasing global demand for natural, sustainable, and eco-conscious products has reshaped innovation trends in the beauty and spa industry. Among the diverse botanical resources available, betel leaves (*Piper betle*) remain underexplored despite their extensive use in traditional medicine across Asia for centuries. Rich in bioactive compounds such as phenols, flavonoids, and tannins, betel leaves exhibit strong antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory properties, making them a promising natural ingredient for modern personal care applications. This study investigates the potential of betel leaves in the development of innovative beauty and spa products by integrating phytochemical insights with market-oriented perspectives. A comprehensive review of scientific literature, supported by consumer perception surveys and market trend analysis, was conducted to evaluate both the functional benefits and commercial feasibility of betel leaf-based formulations. The findings reveal promising opportunities for product innovation, particularly in facial masks, body scrubs, aromatherapy oils, and herbal bath bombs, where therapeutic efficacy and consumer demand for herbal alternatives intersect. The study highlights that betel leaves offer not only functional benefits for skincare and wellness but also align with broader global movements toward sustainability, green innovation, and cultural inclusivity in product development. By bridging traditional knowledge with contemporary consumer needs, this research contributes to positioning *Piper betle* as a competitive botanical ingredient in the international beauty and spa market.
Keywords: *Piper betle*; Herbal beauty products; Consumer perception; Spa and wellness industry; Product innovation; Sustainable cosmetics; Natural skincare.

INTRODUCTION
The global beauty and spa industry has experienced significant evolution in recent decades, driven by consumer preferences for safer, environmentally friendly, and culturally inclusive products. Traditional synthetic formulations, although effective, have raised growing concerns regarding safety, environmental impact, and long-term health consequences (Burlando & Cornara, 2020). The demand for botanical-based alternatives is reshaping industry innovation, positioning natural ingredients as core drivers of product development.

Within this landscape, *Piper betle* (commonly known as betel leaf) emerges as a promising yet underutilized botanical resource.

Piper betle is an evergreen vine native to Southeast Asia, widely cultivated in India, Malaysia, Indonesia, and Thailand. Historically, its leaves have played an important role in cultural practices, rituals, and ethnomedicine (Gupta & Sharma, 2022). Its traditional uses span oral health, wound healing, anti-inflammatory remedies, and antiseptic treatments (Choudhury et al., 2020). The phytochemical richness of betel leaves (comprising phenolic compounds, essential oils, flavonoids, and tannins) translates into multiple therapeutic benefits that are highly relevant for skincare and wellness.

Despite this long-standing traditional relevance, the commercial application of betel leaves in the global beauty and spa industry has been minimal compared to widely adopted botanicals such as aloe vera, turmeric, and green tea. This underutilization can be attributed to cultural associations with betel chewing, a practice that has overshadowed the broader therapeutic potential of the plant (Rahman et al., 2021). However, as global markets increasingly embrace cultural diversity and holistic wellness, betel leaves represent an untapped opportunity for innovation.

The significance of this research lies in bridging traditional ethnobotanical knowledge with modern industry needs. By systematically investigating phytochemical properties, consumer perceptions, and market trends, this study explores how betel leaves can be positioned as a sustainable, multifunctional ingredient in beauty and spa products. The research aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 12 (Responsible Consumption and Production) and Goal 3 (Good Health and Well-being), while supporting green innovation and cultural inclusivity.

LITERATURE REVIEW

Ethnobotanical Significance of *Piper betle*

The use of betel leaves is deeply embedded in South and Southeast Asian traditions. In Ayurveda, the leaves are valued for balancing bodily humours, treating skin disorders, and improving oral health. In Indonesia and Malaysia, betel leaves are commonly incorporated into herbal medicine (jamu) and wellness rituals (Gupta & Sharma, 2022). This long history of use highlights the cultural legitimacy of betel leaves in health and personal care.

Phytochemical Profile

Betel leaves contain a complex mixture of bioactive compounds. Phenols such as eugenol and chavicol provide antimicrobial and analgesic properties. Flavonoids act as antioxidants, reducing oxidative stress on skin cells. Tannins contribute to astringent and wound-healing effects. Essential oils extracted from the leaves exhibit aromatic qualities beneficial in aromatherapy applications (Rahman et al., 2021). **Table 1** presents an overview of major phytochemical constituents and their functional properties.

Table 1. Phytochemical Constituents of Piper betle and Their Benefits

Compound	Function	Application in Beauty/Wellness
Eugenol	Antimicrobial, analgesic	Acne care, antiseptic lotions
Flavonoids	Antioxidant	Anti-aging creams, facial masks
Tannins	Astringent, wound healing	Body scrubs, toners
Chavicol	Antifungal, aromatic	Aromatherapy oils

Comparative Analysis with Other Botanicals

The success of ingredients such as aloe vera, turmeric, and green tea in global beauty markets demonstrates the potential of ethnobotanicals when backed by clinical research and consumer trust (Sethi et al., 2020). Betel leaves share similar bioactive properties with these botanicals but lack the same level of commercialization and scientific branding.

Market Trends in Sustainable Cosmetics

According to Grand View Research (2023), the global herbal cosmetics market is expected to exceed USD 120 billion by 2030. Drivers include rising consumer demand for natural ingredients, eco-friendly packaging, and products aligned with wellness and sustainability. This trend underscores opportunities for incorporating *Piper betle* into the international beauty and spa market.

Methodology

This study employed a mixed-method approach to explore the potential of betel leaves in sustainable beauty and spa product development.

1. **Systematic Literature Review:** Peer-reviewed studies published between 2000 and 2024 were examined using databases such as Scopus, PubMed, and Web of Science. The review focused on phytochemical composition, pharmacological properties, and ethnobotanical uses of *Piper betle*.
2. **Consumer Perception Survey**: An online survey was conducted among 210 respondents from Malaysia, India, and Indonesia. The survey explored awareness of betel leaves, willingness to use betel-based beauty products, and perceptions of herbal cosmetics.
3. **Market Trend Analysis:** Secondary data were collected from trade reports, industry databases, and patent scans. This analysis identified emerging trends in sustainable beauty and potential product niches for betel leaf formulations.
4. **Data Analysis:** Literature findings were synthesized to map phytochemical benefits to potential applications. Survey data were analysed using descriptive statistics. Market trends were interpreted to assess commercial feasibility.

RESEARCH AND FINDINGS

Functional Benefits of Betel Leaves

Phytochemical evidence supports multiple applications of betel leaves in beauty and wellness products. Laboratory studies confirm antimicrobial effects against pathogens such as *Staphylococcus aureus*, antioxidant activities that mitigate oxidative stress, and anti-inflammatory responses beneficial for sensitive skin (Rahman et al., 2021). These properties directly support product innovation in acne management, anti-aging skincare, and holistic wellness treatments.

Consumer Perception Insights

Survey findings highlight strong receptivity to herbal cosmetics:

1. **78%** of respondents preferred herbal over synthetic formulations.
2. **64%** expressed willingness to try betel leaf-based products.
3. Respondents associated betel leaves with cultural authenticity, natural healing, and sustainability.

However, concerns about odour, potential irritation, and limited familiarity with cosmetic applications were raised. This underscores the importance of product innovation, safety testing, and effective branding strategies.

Market Opportunities

Analysis of industry data reveals four promising product categories for betel leaf applications:

1. **Facial Masks**: Leveraging antioxidant properties for skin rejuvenation.
2. **Body Scrubs**: Using powdered betel leaves for exfoliation and anti-inflammatory benefits.
3. **Aromatherapy Oils**: Harnessing essential oils for relaxation and holistic wellness.
4. **Herbal Bath Bombs**: Integrating antimicrobial and aromatic benefits into spa rituals.

These products align with rising consumer interest in multi-functional, sensory-rich, and eco-conscious formulations.

Challenges

Despite strong potential, several challenges exist:

1. **Standardization:** Variability in phytochemical content across regions complicates consistent product formulation.
2. **Safety Validation:** Clinical trials are needed to confirm dermatological safety and efficacy.
3. **Cultural Perception:** Associations with betel chewing pose branding challenges in global markets.

DISCUSSION

The results of this study affirm that *Piper betle* has significant potential in the development of sustainable beauty and spa products. Its rich phytochemical composition provides multifunctional benefits ranging from antimicrobial protection to antioxidant and anti-inflammatory effects. These align well with global consumer demands for products that are both effective and naturally derived.

From a consumer perspective, the survey findings reveal strong acceptance and willingness to adopt betel leaf-based products, especially in markets where cultural familiarity exists. This presents a clear opportunity to integrate *Piper betle* into personal care routines. However, the study also highlights the need to address consumer concerns regarding odor, sensitivity, and product safety. Innovative formulation techniques, such as microencapsulation or blending with complementary botanicals, can help overcome these barriers.

In terms of market feasibility, the identified product categories (facial masks, body scrubs, aromatherapy oils, and herbal bath bombs) fit within the fastest-growing segments of the beauty and wellness industry. The trend toward sensory-rich and experiential products also complements the aromatic and therapeutic qualities of *Piper betle*. Furthermore, the alignment of betel leaves with sustainability and cultural inclusivity strengthens their competitive positioning against other botanicals like turmeric and aloe vera, which have already achieved global commercial success.

From an industry perspective, leveraging *Piper betle* aligns with sustainability goals and the circular economy. Cultivation and processing of betel leaves can contribute to local economic development in Asia, while supporting biodiversity and reducing reliance on synthetic chemicals. This not only enhances environmental sustainability but also promotes social value through community-based cultivation models.

However, significant challenges remain. Standardization of extracts, consistent quality control, and dermatological validation are critical steps for global commercialization. Without these, the industry risks inconsistent performance and consumer mistrust. Additionally, addressing cultural stereotypes surrounding betel chewing will be crucial for building a modern, wellness-oriented brand identity for *Piper betle*-based products. Learning from the branding strategies of turmeric and matcha can provide valuable insights in this regard.

CONCLUSION

Betel leaves (*Piper betle*) represent a promising, multifunctional botanical resource with the potential to transform the sustainable beauty and spa industry. Rich in phytochemicals, they provide antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory benefits that support applications in skincare, aromatherapy, and wellness. Consumer surveys indicate strong acceptance and interest, while market analysis highlights viable opportunities in product categories aligned with global trends.

By bridging traditional knowledge with modern product innovation, *Piper betle* can be positioned as a competitive ingredient in the global beauty market. To realize this potential, future research must prioritize clinical validation, extraction standardization, and innovative branding strategies that emphasize cultural heritage while addressing consumer concerns. Integrating *Piper betle* into sustainable beauty products not only aligns with global wellness and environmental trends but also contributes to cultural inclusivity and economic empowerment in producing regions.

References

Burlando, B., & Cornara, L. (2020). Therapeutic properties of bioactive compounds from plants: An updated review. *Current Medicinal Chemistry, 27*(5), 729–759. https://doi.org/10.2174/0929867326666190925102310

Choudhury, D., Paul, S., & Sen, R. (2020). Ethnopharmacological relevance of *Piper betle* Linn.: A review. *Journal of Ethnopharmacology, 249*, 112372. https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112372

Grand View Research. (2023). Herbal cosmetics market size, share & trends analysis report. Retrieved from https://www.grandviewresearch.com

Gupta, N., & Sharma, A. (2022). Traditional and cultural significance of *Piper betle* in South Asia. *Asian Journal of Ethnobotany, 15*(2), 45–53.

Rahman, M., Hasan, M., & Alam, S. (2021). Phytochemical and pharmacological potentials of *Piper betle*: A review. *Phytomedicine Plus, 1*(3), 100089. https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100089

Sethi, S., Joshi, A., & Arora, S. (2020). Herbal cosmetics: Trends and market perspectives. *Journal of Cosmetic Dermatology, 19*(8), 1927–1935. https://doi.org/10.1111/jocd.13562

Nielsen. (2021). Sustainability as a driver of global consumer choice. Retrieved from https://www.nielsen.com

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

HEAVY METALS CONTAMINATION AND ITS TOXIC HEALTH EFFECTS IN EDIBLE GREEN LEAF VEGETABLES COLLECTED FROM SELECTED AREAS IN KAURA NAMODA, ZAMFARA STATE NIGERIA

Olufemi I. Adetokun
Department of Science Laboratory Technology,Federal Polytechnic Kaura

Shuaibu Momoh
Department of Science Laboratory Technology,Federal Polytechnic Kaura

Mohammed S. Zakari
Department of Science Laboratory Technology,Federal Polytechnic Kaura

ABSTRACT
Green vegetables and fruits contain essential nutrients for human development, especially when they are free from contamination, such as heavy metals, which can be a concern due to environmental pollution. The present research examines the levels of heavy metal concentration in green vegetable and fruit samples purchased from Kaura Namoda market, Zamfara State. Acid digestion and AAS were used for sample preparation and analysis. While the hazard index was also calculated using the internationally recommended values. The results show that orange samples have only two heavy metal contaminations, Zn and Fe, with concentrations of 0.144± 0.001 and 0.264 ± 0.420 mg/kg. in tomato and cabbage, pumpkin and spinach, all the selected heavy metals, namely Ni, Cd, Cr, Pb, Fe, Cu, and Co, were detected, but within the WHO recommended limit, except cabbage and tomatoes, where the Pb concentration, 0,142 mg/kg and 0.335 mg/kg respectively, are higher than the WHO recommended value. On the other hand, the hazard index shows that cabbage and tomatoes may pose a health risk since the hazard indices are 1.611 and 2.66, respectively. Therefore, continued monitoring of vegetables and fruits from Kaura Namoda is essential for adequate information about the heavy metal contamination.
Keyword: Vegetable, Fruits, Heavy Metals, Hazard index, Kaura Namoda

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DOMESTICATION EFFECTS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF *THYMUS* ESSENTIAL OILS IN MOROCCO.

Aabdousse Jamal
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal Higher School of Technology Fkih Ben Salah, Sultan Moulay Slimane University

Boulli Abdelali
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Wahid Nadya
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Oussif Ilis
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Salim Nora
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Abstract
The genus *Thymus* comprises aromatic and medicinal plants characterized by a high degree of endemism in North Africa and the Iberian Peninsula. Among these, *Thymus maroccanus* Ball, endemic to Morocco, and *Thymus zygis* L. subsp. *gracilis*, endemic to Morocco and the Iberian Peninsula, are of particular interest. These taxa have long been exploited for their ethnopharmacological applications, culinary uses, and essential oils with recognized antiseptic and disinfectant properties. However, the increasing demand for these resources has resulted in intensive harvesting, thereby threatening the sustainability of wild populations.
In this context, the present study assessed the effects of domestication on the yield, chemical profile, and biological activity of *Thymus* essential oils. Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analyses revealed high concentrations of major bioactive constituents, notably Carvacrol (1.69–66.77%), Thymol (0.48–34.92%), o-Cymene (5.44–24.98%), and γ-Terpinene (8.66–19.21%). Aromatogram assays further demonstrated that essential oils derived from domesticated plants exhibited enhanced antibacterial activity relative to their wild counterparts.
Overall, the results indicate that domestication exerts a significant influence on the phytochemical composition and biological efficacy of *Thymus* essential oils. Beyond improving their pharmacological potential, domestication constitutes a sustainable alternative to the overexploitation of natural populations and represents a strategic approach for the conservation, valorization, and large-scale utilization of aromatic and medicinal plants.
Keywords: *Thymus*, Domestication, essential oil, yield, chemical composition, antibacterial activity, Morocco.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PRELIMINARY TRIALS OF OPTIMIZING *IN VITRO* PROPAGATION OF THE HYBRID PISTACHIO ROOTSTOCK UCB-1 (*PISTACIA ATLANTICA* X *PISTACIA INTEGERRIMA*) BY BIOREACTORS

Dr. Chokri BAYOUDH
LR21AGR03-Production and Protection for a Sustainable Horticulture, Regional Research Centre on Horticulture and Organic Agriculture (CRRHAB)
ORCID: 0000-0002-7531-2979

Mrs Hedil GAAYA
Higher Agronomic Institute (ISA), 4042 Chott-Mariem, IRESA-University of Sousse

Mrs Afifa MAJDOUB
Regional Research Centre on Horticulture and Organic Agriculture (CRRHAB)

Pr. Taoufik BETTAIEB
Laboratory of Horticultural Sciences, National Agronomic Institute of Tunisia, University of Carthage

ABSTRACT
The hybrid pistachio rootstock UCB-1 (*Pistacia atlantica* × *P. integerima*) is a considerable commercial rootstock mostly used for the production of pistachio plants because of its greater growth, large productivity and high soil performance. *In vitro* propagation protocols of this rootstock was recently established to the rapid multiplication of high quality plants. Via these protocols, the multiplication step of vitroshoots was mainly performed on solid media (POM, MS and WPM basal media). The use of liquid media, with bioreactors or TIS (Temporary Immersion Systems) containers applied for the multiplication of many crops (Banana, date palm, eucalyptus, etc.) was with great benefits and has highly optimized this micropropagation step. Thus, trials to optimize the *in vitro* multiplication of UCB-1 rootstock by bioreactor was applied on liquid POM medium, enriched with 1 mg/l mT (metatopolin) and 0.2 mg/l IBA (Indole Butyric Acid). Preliminary results show that bioreactors have greatly increased the multiplication rate (MR) of UCB-1 shoots leading to a MR of 2.7, higher than that obtained on solid medium and optimized the vitroplants quality. The micropropagated shoots were with important vigor and height, increasing 2.0 mm in tall during two weeks. Furthermore, these apparatus regenerate vitroplants with less necrosis and are so practical for the professionals since they produce massively high quality plants with reduced costs.
Keyword: Bioreactors, liquid medium, multiplication rate, UCB-1, vitroshoots.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN QUALITY CONTROL OF FOOD

Muhammad Bilal Hussain
Department of Food Sciences, Government College University Faisalabad

Marwa Waheed
Department of Food Science and Technology, Riphah International University

Mahjabeen Ejaz
Department of Food Sciences, Government College University Faisalabad

Ali Ikram
University Institute of Food Science and Technology, The University of Lahore

Abstract
Artificial Intelligence (AI), is changing how we check the quality of food by, using smart, fast, and very accurate systems. As the world wants safer, healthier, and better food more than ever, old methods of checking food often don't work well because they take too long, need a lot of people, and aren't very accurate. AI tools like machine learning, computer vision, and robots can check food as it happens, looking at things like how it feels, what color it is, how big it is, and even its smell. These tools do it faster and more reliably than humans. AI systems use smart sensors and data analysis to watch important conditions like temperature, humidity, and cleanliness all along the food chain. This helps find problems early, predict when food might go bad, and make sure food stays fresh longer. It also helps reduce the chance of food being taken back, makes food safer for people to eat, and helps in sorting, grading and packing food more precisely, helps reduce waste and use resources more efficiently. Additionally, AI can handle a lot of data and helps make predictions and keep quality high during every step of making food. It changes food quality checks from just fixing problems after they happen to stopping them before they start. In short, AI is making a big difference in food production by making it safer, better quality, and more efficient.
Keywords: Artificial Intelligence, Safe Food, Quality control, Quality assurance, predictive analytics.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ROLE OF DIETARY FIBER IN FUNCTIONAL FOOD: HEALTH BENEFITS BEYOND DIGESTION

Marwa Waheed
Department of Food Science and Technology, Riphah International University

Muhammad Bilal Hussain
Department of Food Sciences, Government College University Faisalabad

Abstract
Plant-based components known as dietary fibers are crucial to the diet because they help improve intestinal transit and withstand enzymatic digestion in the digestive tract. Dietary fibers include both non-carbohydrate and carbohydrate components, such as cellulose, hemicellulose, pectin substances, gums, and mucilage's. Whole grains, nuts, vegetables, fruits, and seeds all have a positive impact on health when included in a daily diet because their consumption has been connected to a lower incidence of a number of diseases. Technically speaking, dietary fiber is added to food products as a functional ingredient to give them viscosity, water-holding capacity, gel-forming capacity, and fat-binding capacity. These advantageous qualities of dietary fiber components can improve the perception of goods as useful and healthful. Because of its alleged substantial health benefits, dietary fiber (DF) has become a focus of intense research. DF is found in fruits (16.74%–91.24%), vegetables (6.53%–85.19%), grains (9.76%–69.20%), and other natural foods. DF's many physicochemical properties, such as its water holding capacity (WHC) (2.01–25.03 g/g), water swelling capacity (WSC) (0.95–23.90 mL/g), oil holding capacity (OHC) (0.65–29.00 g/g), glucose adsorption capacity (GAC) (0.17–4.65 m mol/g), cholesterol adsorption capacity (CAC) (0.03–37.10 mg/g), and viscosity, enable it to carry out a number of physiological tasks, such as reducing the risk of intestinal diseases, diabetes, obesity, and cancer. Due to their resistance to digestion, plant polysaccharide constituents known as dietary fibers have a limited capacity for absorption in the human small intestine but are partially or completely fermentable in the large intestine.
Keywords: Dietary fiber, Functional food, Health benefits, Disease prevention.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ZEYTİNYAĞI VE LİMON ESANSİYEL YAĞI İLE YAPILANDIRILMIŞ BALMUMU BAZLI OLEOJELLERİN OPTİMİZASYONU VE DEPOLAMA KARARLILIĞI: α-TOKOFEROL VE LİMONEN DEĞİŞİMİ

Nihal YAMAN
Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Kalite ve Teknoloji Laboratuvarı
ORCID: 0000-0002-2264-6107

Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK
Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-0967-8865

Özet

Katı yağlar, trans ve doymuş yağ asitleri nedeniyle sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmekte ve daha sağlıklı alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Oleojeller, reolojik ve tekstürel özellikleriyle katı yağları taklit edebilen, trans yağ oluşumunu önleyen ve doymuş yağ asidi içeriğini azaltan yenilikçi sistemlerdir. Ayrıca biyoaktif bileşenlerin korunması ve kontrollü salımında da öne çıkmaktadır.

Limon uçucu yağı (LUY), güçlü antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri ile gıda ürünlerinde hem raf ömrünü uzatma hem de duyusal kaliteyi artırma potansiyeline sahip bir bileşendir. Ancak uçuculukları, çevresel koşullara karşı hassasiyetleri ve hidrofobik yapıları, bu bileşiklerin stabilitesini sınırlandırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, zeytinyağı (OO), LUY ve balmumu (BW) ile yapılandırılmış, fonksiyonel ve duyusal açıdan zenginleştirilmiş oleojel geliştirmek ve bu oleojelin depolama stabilitesini α-tokoferol ile limonen değişimleri üzerinden değerlendirmektir.

Çalışmada Yanıt Yüzey Metodolojisi (RSM) kapsamında Box-Behnken Tasarımı (BBD) uygulanmış ve optimum koşullar %11.47 BW, 80 °C ısıtma ve 4 °C soğutma sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda elde edilen oleojeller %99.64 yağ bağlama kapasitesi (YBK), 1613.18 g sertlik, -1087.28 g iç yapışkanlık (İY) ve 13.03 meq O_2/kg peroksit sayısı (PS) değerleri göstermiştir.

Optimize edilmiş oleojelin (LBO) kristal oluşum zamanı (KOZ) 322±1.00 saniye olarak belirlenmiş, santrifüj stabilite testinde herhangi bir faz ayrışması göstermemiş ve yüksek fiziksel stabilite sergilemiştir. LBO ve margarin (MRG) örneklerinde depolama boyunca L* ve b* değerlerinde düşüş, a* değerinin ise azalarak daha negatif değerlere kaydığı gözlenmiştir. LBO'da 90. gün sonunda ΔE değerleri görsel olarak fark edilebilir düzeyde artış göstermiştir. FT-IR sonuçları, LBO'da 720–2917 cm^{-1} aralığında OO/BW'ye ait karakteristik bantları doğrularken, 3200–3600 cm^{-1} bölgesindeki geniş ve zayıf O–H bandı, uçucu yağın içerdiği polar fonksiyonel gruplar aracılığıyla yapıda zayıf hidrojen bağlarının oluştuğunu göstermektedir.

Depolama süresince α-tokoferol kaybı OO'da %42'ye ulaşırken, LBO'da bu oran %25 düzeyinde kalmıştır. Limonen miktarında depolama sonunda yaklaşık %9–10 oranında azalma saptanmış, oleojel yapısının uçucu bileşikler için kısmi koruyuculuk sağladığı ortaya konulmuştur.

Sonuçlar, LUY ile zenginleştirilmiş OO–BW oleojellerinin, margarin yerine kullanılabilecek sağlıklı yağ alternatifleri geliştirilmesinde ve fonksiyonel bileşenlerin korunmasında önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, oleojellerin hem fonksiyonel yağ taşıyıcı sistemler hem de endüstriyel uygulamalar açısından güçlü bir aday olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Oleojel, Uçucu yağ, Depolama stabilitesi, FT-IR, Yanıt Yüzey Metodolojisi, Box-Behnken Tasarımı

OPTIMIZATION AND STORAGE STABILITY OF BEESWAX-BASED OLEOGELS STRUCTURED WITH OLIVE OIL AND LEMON ESSENTIAL OIL: CHANGES IN α-TOCOPHEROL AND LIMONENE

Abstract

Solid fats have been associated with adverse health effects due to their high levels of trans and saturated fatty acids, underscoring the necessity for healthier alternatives. Oleogels emerge as innovative systems capable of replicating the rheological and textural properties of solid fats, while simultaneously inhibiting trans fat formation and reducing saturated fatty acid content. In addition, they provide notable advantages in preserving bioactive compounds and enabling their controlled release.

Lemon essential oil (LEO), known for its strong antioxidant and antimicrobial activities, offers considerable potential for extending the shelf life and enhancing the sensory attributes of food products. However, its volatility, susceptibility to environmental conditions, and hydrophobic nature limit its stability. The aim of this study was to develop an oleogel structured with olive oil (OO), LEO, and beeswax (BW), enriched in both functional and sensory aspects, and to evaluate its storage stability in terms of changes in α-tocopherol and limonene.

A Box-Behnken Design (BBD) within the framework of Response Surface Methodology (RSM) was employed, identifying optimal conditions as 11.47% BW, heating at 80 °C, and cooling at 4 °C. Under these conditions, the oleogels exhibited 99.64% oil binding capacity, 1613.18 g firmness, –1087.28 g cohesiveness, and a peroxide value of 13.03 meq O_2/kg.

The crystal onset time of the optimized oleogel (LBO) was determined as 322 ± 1.00 seconds. In the centrifugation stability test, no phase separation was observed, indicating high physical stability. During storage, both LBO and margarine (MRG) samples exhibited decreases in L* and b* values, while a* values decreased, shifting towards more negative values. In LBO, ΔE values increased to a visually perceptible level by day 90. The FT-IR results confirmed the characteristic bands of OO and BW in the range of 720–2917 cm^{-1} in LBO, while the broad and weak O–H band observed at 3200–3600 cm^{-1} indicated the formation of weak hydrogen bonds within the structure through the polar functional groups of the essential oil.

During storage, α-tocopherol loss reached up to 42% in OO, whereas it remained at approximately 25% in LBO. At the end of storage, limonene content decreased by about 9–10%, indicating that the oleogel structure provided partial protection for volatile compounds.

In conclusion, OO–BW oleogels enriched with LEO exhibited strong potential both for developing healthier fat alternatives to margarine and for protecting functional bioactive compounds. This study highlights oleogels as promising candidates for use as functional lipid delivery systems and for broader industrial applications.

Keywords: Oleogel, Essential oil, Storage stability, FT-IR, Response Surface Methodology, Box-Behnken Design

GİRİŞ

Katı yağlar, gıda ürünlerine istenen doku, lezzet ve stabiliteyi kazandırmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yağlar, içerdiği trans ve doymuş yağ asitleri nedeniyle obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmektedir (Wei ve ark., 2024). Bu durum, gıda sanayisinde daha sağlıklı yağ alternatiflerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur.

Oleojeller, sıvı yağların, yapısını bozmadan fiziksel olarak katı forma dönüştürülmesini sağlayan ve reolojik, duyusal ve fonksiyonel özellikleri büyük ölçüde koruyabilen yeni nesil sistemlerdir (Pehlivanoğlu ve ark., 2017). Aynı zamanda trans yağ oluşumunu engelleme ve doymuş yağ asidi içeriğini azaltma gibi avantajlarıyla margarinin yerini alabilecek potansiyele sahiptir (Marangoni ve Garti, 2018; Wang ve ark., 2024). Oleojellerin üç boyutlu yapısı, aynı zamanda biyoaktif bileşenlerin korunması ve salımının kontrolü açısından da avantaj sunmaktadır (Patel ve Dewettinck, 2016).

Uçucu yağlar, bitkilerden elde edilen doğal aromatik bileşikler olup, antimikrobiyal ve antioksidan etkileriyle gıdalarda doğal koruyucu olarak kullanılmaktadır (Mohammed ve ark., 2024). Ancak uçuculukları, çevresel koşullara karşı hassasiyetleri ve hidrofobik yapıları, bu bileşiklerin stabilitesini sınırlandırmaktadır (Da Silva ve ark., 2023). Oleojeller, uçucu yağları yapılarında kapsülleyerek oksidatif bozunmaya karşı koruma ve kontrollü salım sağlayabilmektedir (Pinto ve ark., 2021).

LUY, limonen başta olmak üzere antimikrobiyal ve serbest radikal giderici özelliğe sahip bileşenler içerir (Sánchez-González ve ark., 2011). Ayrıca FDA onaylı olması, onu gıda ürünleri için fonksiyonel ve güvenilir bir katkı haline getirmektedir (Chetia ve ark., 2023). Bu çalışmada LUY'un seçilmesinin temel nedeni; güçlü antioksidan etkisi ile ürünün raf ömrünü uzatma ve aroma katkısı sağlayarak duyusal kalitesini artırma potansiyelidir. Ayrıca, LUY'un güçlü antioksidan bileşenleri sayesinde, depolama süresince α-tokoferolün oksidatif degradasyonunun yavaşlatılması ve bu bileşiğin stabilitesinin korunması yönünde olumlu etkiler göstermesi beklenmektedir.

Oleojel hazırlamada sıklıkla kullanılan yağlardan biri olan OO, tekli doymamış yağ asitleri, fenolik bileşikler ve α-tokoferol gibi antioksidan bileşenler içermesi sayesinde hem fonksiyonel hem de duyusal olarak değerli bir yağdır (Adelantado ve ark., 2023; Boucheffa ve ark., 2024). Özellikle α-tokoferol, lipid oksidasyonunu geciktirme ve ürün stabilitesini koruma açısından kritik bir bileşen olup, gıda koruyuculuğunda önemli rol oynamaktadır. Ancak, hem tokoferoller hem de uçucu bileşikler depolama süresince oksidatif bozunmaya uğrayabilmektedir, bu nedenle stabilitelerinin korunması büyük önem arz etmektedir (Alongi ve ark., 2021; Dedebaş ve ark., 2022).

Önceki çalışmalarda uçucu yağ içeren oleojellerin farklı kullanım amaçları için geliştirildiği bildirilmiştir (Kasparaviciene ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2019; Da Silva ve ark., 2023; Oyom ve ark., 2024). Ancak bu çalışmalar çoğunlukla oleojellerin tekstürel, reolojik veya oksidatif özelliklerine odaklanmış, depolama süresince α-tokoferol gibi doğal antioksidanların ve limonen gibi uçucu bileşenlerin stabilitesinin korunmasına yönelik değerlendirmeler yapılmamıştır. Oysa oleojellerin fonksiyonel gıdalarda taşıyıcı sistem olarak kullanılabilmesi için yalnızca yapısal stabilite değil, aynı zamanda içerdiği biyoaktif bileşenlerin depolama boyunca korunma düzeyi de kritik öneme sahiptir. Çalışmamız oleojellerin depolama süresince hem α-tokoferol hem de limonen stabilitesini birlikte incelemekte ve bu yönüyle literatüre özgün katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, BW ile yapılandırılmış OO ve LUY içeren oleojellerin, optimizasyonu için RSM kapsamında BBD tasarımı uygulanmış ve optimizasyon sonrasında elde edilen optimal oleojelin depolama süresince α-tokoferol ve uçucu bileşen içeriğindeki değişimleri incelenmiştir.

Böylelikle, hem optimize edilmiş uçucu yağ içeren oleojellerin geliştirilmesi hem de depolama boyunca fonksiyonel bileşen stabilitesine odaklanılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

OO ve BW, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden; LUY ise ticari bir tedarikçiden temin edilmiştir. Sodyum karbonat, sodyum tiyosülfat TEKKİM'den (Türkiye), NaOH, 2-propanol, kloroform, glasiyal asetik asit, potasyum iyodür, nişasta, etanol Merck'ten (Almanya); metanol ISOLAB'dan (Almanya); TBHQ, D-limonen standardı Sigma-Aldrich'ten (ABD) temin edilmiştir.

Metot

Deneysel Tasarım ve İstatistiksel Analiz

Oleojel hazırlamada etkili parametreler olan BW oranı, ısıtma sıcaklığı (T_H) ve soğutma sıcaklığı (T_C) etkilerini incelemek ve optimize etmek için RSM'nin BBD'si kullanılmıştır. T_H, soğuma sırasında homojen mum çözünmesini sağlama ve ağ oluşumunu düzenlemedeki rolü nedeniyle; T_C ise oleojellerin kristal morfolojisini, fizikokimyasal ve yapısal özelliklerini etkilemesi nedeniyle bağımsız değişken olarak seçilmiştir (Thakur ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2024). Ön denemeler doğrultusunda, merkez noktası 3 tekrarlı 15 deney düzeneği oluşturulmuş; değişkenler ve seviyeleri Tablo 1'de sunulmuştur. Bu çalışmada, minimum malzeme kullanımı ve düşük enerji tüketimi ile en yüksek YBK, sertlik, İY değerine ve en düşük PS değerlerine sahip oleojel elde edilmesi amaçlanmıştır. Tablo 2'de gösterildiği gibi Design Expert 13.0 yazılımı kullanılarak oluşturulan bir tasarım matrisi yürütülmüştür.

Tablo 1. Bağımsız Değişkenlerin Seviyeleri

Bağımsız Değişkenler	**Birim**		**Seviyeler**	
		(-1)	**(0)**	**(1)**
BW Oranı	%	7	10	13
Isıtma Sıcaklığı(T_H)	(ºC)	80	90	100
Soğutma Sıcaklığı(T_C)	(ºC)	4	12	20

Tablo 2. İşleme Parametreleri ve Tepki Değişkenleri

Deneme Sırası	BW (%)	T_H (°C)	T_C (°C)	YBK (%)	Sertlik (g)	İY (g)	PS ($meqO_2/kg$)
1	13	90	4	99.77	2454.93	-1492.59	12.69
2	13	90	20	99.81	2799.58	-1448.84	13.18
3	10	80	20	99.65	1353.46	-977.83	14.24
4	7	90	4	98.55	396.72	-368.05	13.71
5	10	100	4	99.71	1036.14	-721.49	15.24
6	10	100	20	99.63	1495.89	-961.25	15.39
7	7	90	20	96.71	536.17	-385.89	13.99
8	7	80	12	96.85	409.79	-352.42	13.6
9	13	80	12	99.86	2398.58	-1525.12	12.84
10	13	100	12	99.82	2580.19	-1599.17	14.72
11	7	100	12	97.8	481.43	-414.7	14.81
12	10	90	12	99.76	1203.06	-842.66	14.32
13	10	80	4	99.78	1086.3	-968.69	13.7
14	10	90	12	99.54	1238.82	-855.82	14.59
15	10	90	12	99.82	1209.16	-805.11	14.43

Geliştirilen ikinci dereceden regresyon denklemlerinin geçerliliği ve yeterliliğini değerlendirmek amacıyla p değeri, F değeri, determinasyon katsayısı (R^2) ve yeterli hassasiyet (AP) değeri incelenmiştir. Üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Design Expert 13.0 yazılımı kullanılarak oluşturuldu.

Oleojellerin Hazırlanması

Oleojeller, oleojelleştirmenin doğrudan yöntemiyle hazırlandı. 250 mL'lik behere tartılan OO, manyetik karıştırıcıda (Heidolph MR-Hei, Almanya) 80, 90 ve 100 °C sıcaklıklara kadar ısıtılmıştır. Belirlenen sıcaklıklar korunarak, deney tasarımına uygun oranda BW eklenmiş ve 600 rpm'de 15 dak. karıştırılmıştır. Ardından %0.5 LUY ilave edilmiştir. Homojen karışımlar, örnek kaplarına aktarılmış ve 4, 12 ve 20 °C'de 24 saat jel oluşumu sağlanmıştır. Oluşan oleojeller analiz öncesine kadar 4 °C'de saklanmıştır (Sivakanthan ve ark., 2024).

Yağ Bağlama Kapasitesi

Hazırlanan oleojel örnekleri, 90 °C'lik su banyosunda 30 dak. bekletilerek eritilmiş, 1 mL'si önceden tartılmış Eppendorf (a) tüplerine konulmuştur. Tüpler 4°C'de 1 saat bekletildikten sonra tekrar tartılmıştır (b). Oleojel içeren bu tüpler 20 °C'de 10000 rpm hızında 15 dak. santrifüj (Hettich Universal 320 R) edildikten sonra ters çevrilmiş ve 15 dak. bekletilmiştir. Ayrılan yağ uzaklaştırıldıktan sonra yağı uzaklaştırılmış tüpler tekrar tartılmış (c) ve YBK %'si aşağıdaki eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmıştır (Guo ve ark., 2020).

$$YBK\ \%=100-\left[\frac{(b-a)-(c-a)}{(b-a)}\times 100\right] \quad (1)$$

Tekstür profil analizi

Optimizasyon için hazırlanan oleojellerin dokusal özellikleri (sertlik ve İY), 35 mm çapında sıkıştırma probu ve 30 kg yük hücresi ile donatılmış bir doku analizörü (TA-XT Plus, Stable Microsystems Ltd., İngiltere) ile belirlenmiştir.

Numunelere 1 mm/s hızda bir döngü uygulanmış, maksimum kuvvet (sertlik) ve negatif alan (İY) kuvvet-zaman eğrisinden hesaplanmıştır (Öğütçü ve Yılmaz, 2014).

Peroksit sayısı

Optimizasyon için hazırlanan oleojellerin PS değerleri için AOCS Cd 8-53 metodu uygulanmıştır (AOCS, 2004).

Modellerin Optimizasyonu ve Doğrulanması

Bağımsız değişkenlerin YBK, dokusal özellikler ve PS üzerine etkileri, %95 güven aralığında, ikinci dereceden polinomal denklem kullanılarak Design Expert 13.0 yazılımında analiz edilmiş ve regresyon modellerinin geçerliliği ANOVA ile değerlendirilmiştir. Model uyumu ve anlamlılığı; R^2, düzeltilmiş R^2 ve yeterli hassasiyet (AP) değerleriyle belirlenmiştir. İstenebilirlik değeri (D), yanıtların uygunluk derecesini göstermek amacıyla hesaplanmış ve D'nin maksimize edilmesiyle optimum oleojel hazırlama koşulları belirlenmiştir. Yanıt yüzey grafikleri oluşturularak modellerin yorumlanması sağlanmış; optimum koşullar bağımsız deneylerle doğrulanarak modelin güvenilirliği test edilmiştir.

Optimal Oleojelin Fiziksel Analizleri

Kristal oluşum zamanının belirlenmesi

Optimal özelliklere sahip oleojelleri içeren cam deney tüpleri, su banyosunda 90 ºC'de 2 saat boyunca bekletilmiştir. Bu süre zarfında, oleojellerin tamamen erimesi sağlanarak akışkan hale gelmeleri sağlanmıştır. Süre sonunda tüpler, ortam sıcaklığına (20±3ºC) alınmış ve kronometre başlatılmıştır. Tüpler, 90º döndürülerek paralel hale getirilmiş ve akışın durduğu süre, jelleşmenin tam olarak gerçekleştiği an olarak kaydedilmiştir (Dassanayake ve ark., 2011).

Santrifüj stabilite analizi

5 g oleojel örneği santrifüj tüpü içerisine tartılarak 4 ºC'de bir gün şartlandırıldıktan sonra 1300 xg'de 15 dak. santrifüj (Hettich Universal 320 R) edilmiştir (Öğütcü ve ark., 2015). Oda sıcaklığında gerçekleştirilen santrifüj işleminin ardından oleojelin kırılıp kırılmadığı gözlenmiş, kırılma gözlenmeyen dayanıklı örneklerin test sonucu pozitif (+) (stabil) olarak belirtilmiştir (De Morais ve ark., 2006).

Renk analizi

Optimal özelliklere sahip oleojellerin renk ölçümleri, depolama boyunca (0, 30, 60 ve 90. gün) Konica Minolta CM-5 Spektrofotometrik Renk Ölçüm Cihazında CIE Lab standardına göre gerçekleştirilmiştir (Puşcaş ve ark., 2020). Söz konusu standartta L* değeri açıklık/koyuluk, a* değeri kırmızılık (+) / yeşillik (-), b* değeri ise sarılık (+) / mavilik (-) olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, L*, a*, b* değerleri kullanılarak, ΔE (toplam renk değişimi) değeri aşağıdaki eşitlik (2) kullanılarak depolama süresince hesaplanmıştır.

$$\Delta E=\sqrt{(L^*-L^*_0)^2+(a^*-a^*_0)^2+(b^*-b^*_0)^2} \quad (2)$$

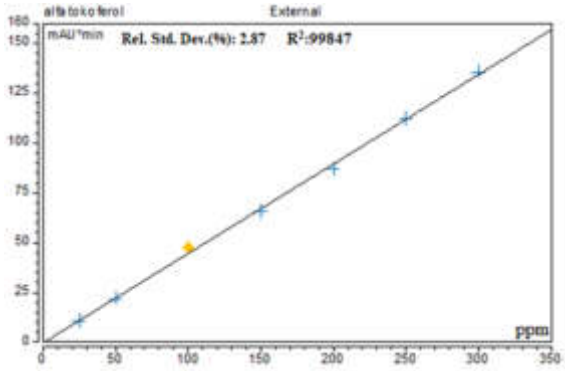
FT-IR

Oleojel örneğinde, moleküller arasında hidrojen bağlarının oluşumunu doğrulamak için kızılötesi spektrumlarının belirlenmesi FT-IR spektroskopisi ile 4000-400 cm^{-1} tarama aralığında gerçekleştirilmiştir (Yang ve ark., 2017).

α-Tokoferol Miktarının Belirlenmesi

Oleojellerin α-tokoferol miktarları Yuan ve ark. (2017) ve Güldemir (2021)'in kullandığı metot modifiye edilerek belirlenmiştir. Sabunlaşma reaksiyonunu gerçekleştirmek için 0.5 g örnek test tüpüne tartılmış ve oksidasyonu engellemek amacıyla 100 µL %0.05 tert bütil hidrokinon (TBHQ) eklenmiştir. Örneğin üzerine NaOH (0.15 mol/L) içeren 2 mL etanol (%95) ilave edilmiş ve karışım 40 dak. 70°C'de su banyosuna daldırılarak ve her 5 dakikada bir karıştırılmak suretiyle sabunlaşma reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Tüp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra üzerine 2 mL su ve 3 mL n-hekzan ilave edilmiş ve karışım ayırma hunisine aktarılarak faz ayrımı sağlanmıştır. Her defasında üst faz alınmak suretiyle 3 kez n-hekzan ile yıkama gerçekleştirilmiştir. n-hekzan ile toplam hacim 10 mL'ye tamamlanmış ve 0.45 µm PTFE membran filtreden geçirilerek analiz için HPLC vialine alınmıştır.

Analizler, Thermo Scientific HPLC Vanquish cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ayırma işlemi, Thermo Scientific C18 (25cm,4.6mm, 5µm) kolonda yapılmıştır. Mobil faz olarak metanol-su (98:2, v/v) ve 2-propanol kullanılmış; akış hızı 1.0 mL/dak., kolon sıcaklığı 30 °C, enjeksiyon hacmi 10 µL olarak ayarlanmıştır. Tespit, 210 nm dalga boyunda çalışan DAD dedektör ile gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan (25-50-100-150-200-250-300 ppm) standart örneklerle kalibrasyon grafiği elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. α-Tokoferol Kalibrasyon Grafiği

D-Limonene Miktarının Belirlenmesi

Oleojellerde d-limonen miktarlarının depolama süresince belirlenmesi amacıyla, öncelikle d-limonen standartı için kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Hazırlanan ana stok çözeltiden beş noktalı bir kalibrasyon grafiği (84.2 ppm, 168.4 ppm, 336.8 ppm, 673.6 ppm, 1347.2 ppm) elde edilmiştir. Oleojel örneklerinden 0.1 g tartılarak tüplere alınmış, üzerine 10 mL n-hekzan eklenmiş ve ultrasonik su banyosunda (ISOLAB, Almanya) 15 dak. bekletilmiştir. Daha sonra, 100 µL metanol içerisinde çözülmüş 1 mol/L KOH çözeltisi ilave edilerek karışım yeniden 1 dak. boyunca ultrasonik banyoda tutulmuştur. Bu işlemin ardından karışım 2–3 dak. boyunca vortex cihazı ile karıştırılmış ve ardından 20 °C'de, 400 devir/dakikada, 5 dak. süreyle santrifüjlenmiştir. Elde edilen üst sıvı faz, GC-FID analizine uygun şekilde 2 mL'lik viallere aktarılmıştır.

D-limonen miktarları, Agilent 8890 GC sistemi kullanılarak FID detektörü ile belirlenmiştir. 1 µL numune, split oranı 20:1 olacak şekilde enjekte edilmiştir. Ayırma, HP Innowax kapiler kolon (60 m × 0.25 mm × 0.25 µm) ile gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak helyum (0.8 mL/dak.) kullanılmıştır. Kolon sıcaklık programı: başlangıçta 60 °C'de 2 dak. tutulmuş, ardından sıcaklık 200 °C'ye 10 °C/dak. (16 dak.), daha sonra 240 °C'ye 5 °C/dak. (35 dak.) olacak şekilde arttırılmıştır. Enjektör sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmıştır.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 25 yazılım paketi kullanılarak gerçekleştirildi. Sonuçlar üç tekrarlı yürütülen analiz sonuçlarının ortalamaları ± standart sapmaları olarak ifade edilmiştir. Örnekler arasındaki istatistiksel önemi ölçmek için tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır ($p<0.05$).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Model Uyumu

RSM'de BBD'ye uygun olarak ikinci dereceden polinom modeli eşitlik (3) kullanılmıştır. Bu denklemde y tepki değişkenini, β_0 sabit terimi, β_i doğrusal katsayıyı, β_{ii} ikinci dereceden katsayıyı, β_{ij} etkileşim katsayısına karşılık gelmekte ve x_i kodlanmış faktör düzeyini temsil etmektedir (Wang ve Wan, 2009).

$$y=\beta_0+\sum_{i=1}^{k}\beta_i x_i+\sum_{i=1}^{k}\beta_{ii}x_i^2+\sum_{i<j}\beta_{ij}x_i x_j \quad (3)$$

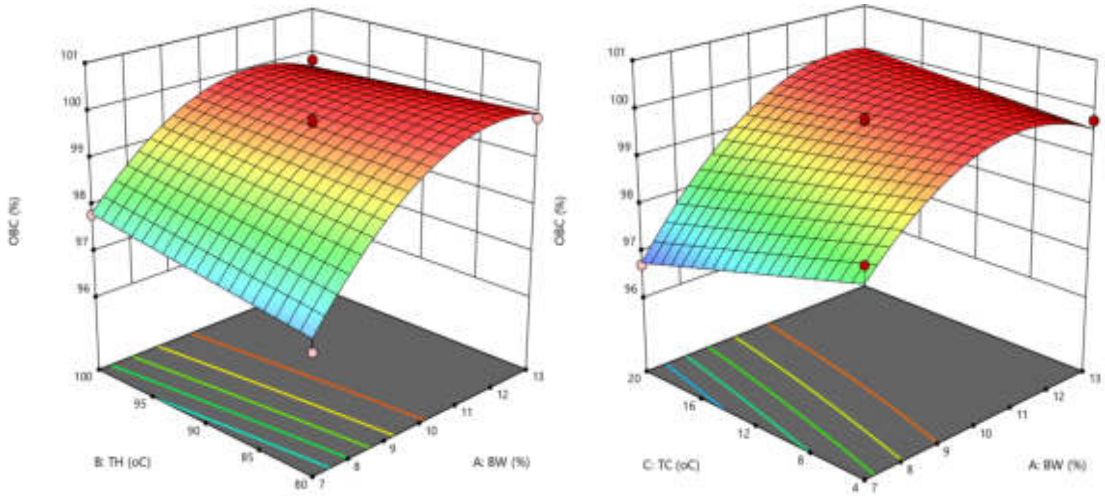
Tüm yanıtların modele anlamlı uyum gösterdiği belirlenmiş ($p<0.0001$), uyum eksikliği (LOF) değerinde anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Bu modellerin deneysel verilerle iyi örtüştüğünü ortaya koymuştur (Palla ve ark., 2017; Thakur ve ark., 2022). YBK, sertlik, İY ve PS için belirlenen R^2 değerleri sırasıyla 0.9665, 0.9978, 0.9816 ve 0.9755'tir. Bu yüksek R^2 değerleri modellerin güçlü tahmin kabiliyetine sahip olduğunu göstermektedir. Literatürde, $R^2>0.75$ değerinin model yeterliliği için kabul edilebilir olduğu bildirilmektedir (Thakur ve ark., 2022). Ayrıca tüm yanıtlar için AP değerleri 17.90–69.85 aralığında olup, tüm yanıtlar için 4'ün üzerinde olması model güvenilirliğini desteklemektedir (Palla ve ark., 2017; Thakur ve ark., 2022; Sinha ve ark., 2024).

Yağ Bağlama Kapasitesi

YBK, bir jelatör tarafından oluşturulan üç boyutlu bir ağda tutulan sıvı yağ derecesini yansıtan yağlı ürünlerin fiziksel özelliklerinden biridir (Zheng ve ark., 2023). YBK'ya ait varyans analizi sonuçları (Tablo 3), ikinci dereceden modelin anlamlı olduğunu ($p<0.0001$), LOF değerinin önemsiz olduğunu ($p>0.05$) ve modelin yüksek tahmin gücüne sahip olduğunu ($R^2 = 0.9665$) göstermektedir. Kodlanmış faktörler açısından en iyi tahmin edilen modelin denklemi, eşitlik (4)'te verilmiştir.

$$\%YBK=+99.70+1.17A+0.1025B-0.2512C-0.2475AB+0.4700AC-1.05A^2 \quad (4)$$

Bu denklemde, A BW'yi, B T_H'yi ve C T_C'yi temsil etmektedir. Etkileşim terimi AB, BW-T_H etkileşimine; AC, BW-T_C etkileşimine karşılık gelirken, A^2, BW'nin kare terimini (BW^2) belirtir. YBK değerleri %96.71–99.86 aralığında bulunmuştur (Tablo 2). BW ile hazırlanan oleojel çalışmalarında benzer YBK sonuçları ve %90'ın üzerinde R^2 değerleri bildirilmiştir (Palla ve ark., 2017; Alizadeh ve ark., 2020; Frolova ve ark., 2022; Sivakanthan ve ark., 2023). 3D yüzey grafikleri incelendiğinde, BW oranının artırılmasının ve T_C düşürülmesinin YBK değerlerini artırdığı belirlenmiştir (Şekil 2). Bu artış, T_C azaldıkça kristalleşme kinetiğinin hızlanmasına bağlı olarak daha küçük ve yoğun kristallerin oluşması; BW oranı arttıkça ise daha sıkı ve homojen bir kristal ağ yapısının gelişmesiyle açıklanabilir (Dassanayake ve ark., 2011). T_H artışı, başlangıçta BW'nin çözünmesini kolaylaştırarak ve yüksek BW seviyelerinde ağ yapısını iyileştirerek YBK üzerinde olumlu bir etki göstermiştir (Thakur ve ark., 2022). Ancak sıcaklık belirli bir eşiği (95°C) aştığında, YBK'de bir düşüş gözlemlenmiş; bu durum, aşırı termal maruziyetin kristalin yapıyı bozması veya jelleşme verimliliğini azaltması ile açıklanmıştır.



Şekil 2. Optimize Edilmiş Oleojelin Yağ Bağlama Kapasitesi (YBK) Değerlerinin 3D Yanıt Yüzey Grafikleri

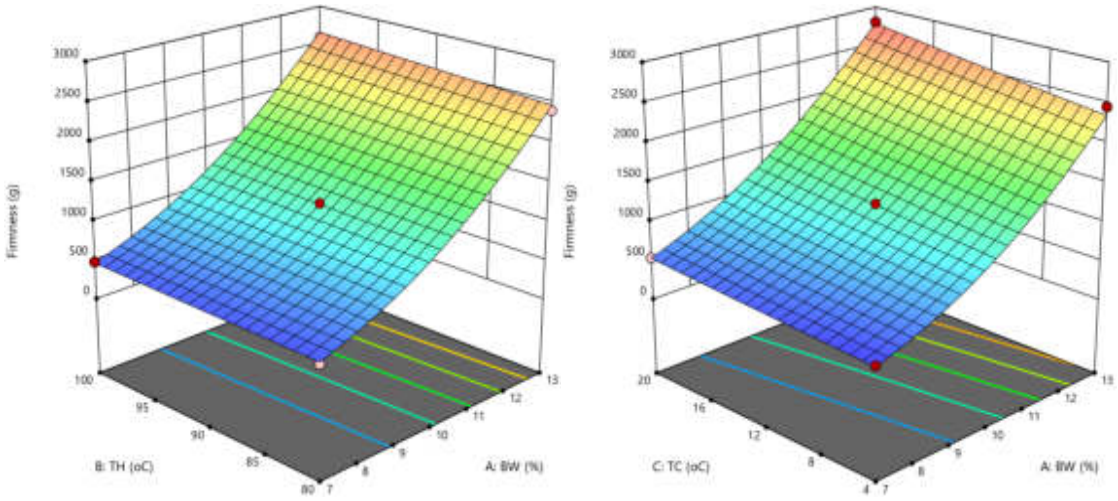
Sertlik

Sertlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları (Tablo 3), ikinci dereceden modelin anlamlı olduğunu ($p < 0.0001$), LOF değerinin önemsiz olduğunu ($p > 0.05$) ve modelin yüksek tahmin gücüne sahip olduğunu ($R^2 = 0.9978$) göstermektedir. Kodlanmış faktörler açısından en iyi tahmin edilen modelin denklemi, eşitlik (5)'te verilmiştir.

$$ln\ (Sertlik) = +7.11+0.8652A+0.0359B+0.1275C-0.0425AC+0.0368BC-0.1294A^2 \quad (5)$$

Bu denklemde, A BW'yi, B T_H'yi ve C T_C'yi temsil etmektedir. Etkileşim terimi AC, BW-T_C etkileşimine; BC, T_H-T_C etkileşimine; A^2, BW'nin kare terimini (BW^2) belirtir.

Örneklerin sertlik değerleri 396.72–2799.58 g arasında değişmiştir (Tablo 2). Şekil 3'de, BW oranı, T_H ve T_C parametrelerinin oleojel sertliği üzerindeki etkileşimleri sunulmuştur. BW oranındaki artışın sertlik üzerinde belirgin ve pozitif bir etki yarattığı görülmüştür. Bu durum, BW oranı arttıkça kristallerin mikroyapı içinde daha büyük ve birbirine bağlı hale gelmesiyle açıklanabilir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014; Fayaz ve ark., 2017; Pang ve ark., 2020). T_H artışı da BW ile birlikte sertliği artırmış; bu etki, BW'nin daha iyi çözünmesi ve jel yapısı içinde homojen dağılmasıyla ilişkilendirilmiştir (Palla ve ark., 2017; Thakur ve ark., 2022). Soğutma sıcaklığının etkisi ise BW ve T_H değişkenlerine göre daha düşük kalmıştır.



Şekil 3. Optimize Edilmiş Oleojelin Sertlik Değerlerinin 3D Yanıt Yüzey Grafikleri

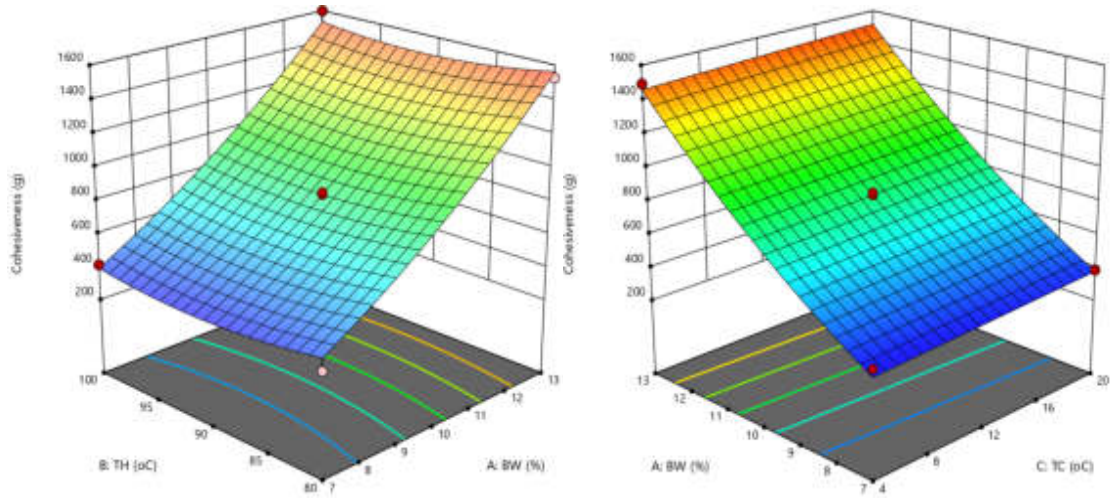
İç Yapışkanlık

İY değerlerine ait varyans analizi sonuçları (Tablo 3), ikinci dereceden modelin anlamlı olduğunu ($p < 0.0001$), LOF değerinin önemsiz olduğunu ($p > 0.05$) ve modelin yüksek tahmin gücüne sahip olduğunu ($R^2 = 0.9816$) göstermektedir. Kodlanmış faktörler açısından en iyi tahmin edilen modelin denklemi, eşitlik (6)'da verilmiştir.

$$İY = +841.85 + 568.08A - 15.93B + 27.87C + 76.51A^2 + 59.98B^2 \quad (6)$$

Bu denklemde, A BW'yi, B T_H'yi ve C T_C'yi temsil etmektedir. A^2, BW'nin kare terimini; B^2 ise T_H'nin kare terimini belirtir.

İY değerleri -352.42 g ile -1599.17 g arasında bulunmuştur (Tablo 2). En etkili parametrenin BW oranı olduğu belirlenmiştir. Artan BW oranı, kristal yapı yoğunluğunu artırarak İY değerlerini önemli ölçüde yükseltmiştir (Han ve ark., 2022). Yüksek BW oranlarının yüksek T_H ile birlikte uygulanması, BW'nin jel matrisi içinde daha homojen dağılmasını ve daha etkin bir ağ yapısı oluşturmasını sağlamış; böylece maksimum İY değerlerine ulaşılmıştır. Ancak bu etkinin, düşük BW seviyelerinde düşük kaldığı gözlemlenmiştir (Thakur ve ark., 2022). T_C ise önemli ölçüde etkilememiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Optimize Edilmiş Oleojelin İç Yapışkanlık Değerlerinin 3D Grafikleri

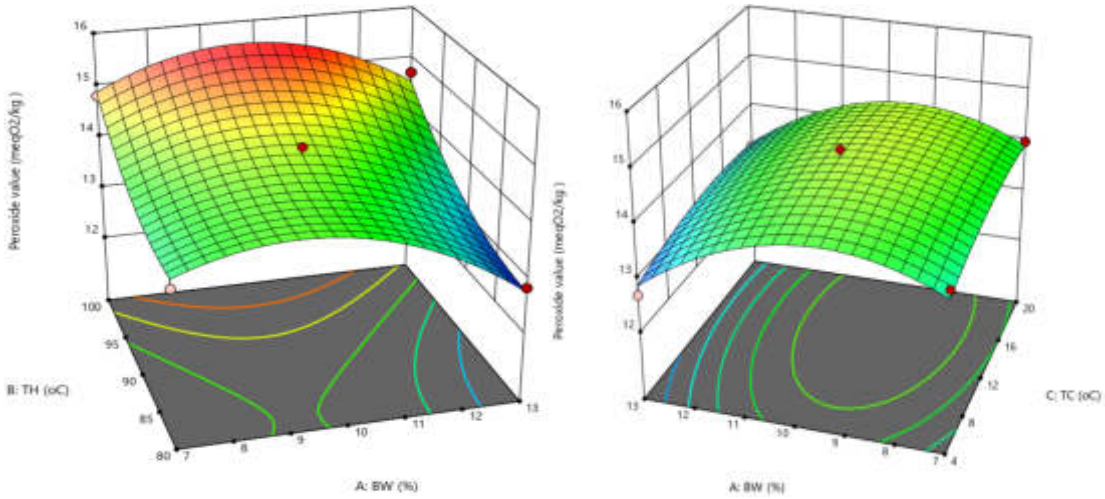
Peroksit Sayısı

PS için varyans analizi sonuçları (Tablo 3), ikinci dereceden modelin anlamlı olduğunu ($p < 0.0001$), LOF değerinin önemsiz olduğunu ($p > 0.05$) ve modelin yüksek tahmin gücüne sahip olduğunu ($R^2 = 0.9755$) göstermektedir. Kodlanmış faktörler açısından en iyi tahmin edilen modelin denklemi, eşitlik (7)'de verilmiştir.

$$PS=+14.45-0.3350A+0.7225B+0.1825C+0.1675AB-0.8521A^2+0.3979B^2-0.2021C^2 \quad (7)$$

Bu denklemde, A BW'yi; B T_H'yi ve C T_C'yi; etkileşim terimi AB, BW-T_H etkileşimini; A^2, BW'nin kare terimini; B^2 , T_H'nin kare terimini; C^2 ise T_C'nin kare terimini belirtir.

PS değerleri 12.69–15.39 meqO_2/kg yağ aralığında bulunmuştur (Tablo 2). PS değeri üzerinde en güçlü etkiye sahip faktörün T_H olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). T_H'nin artışıyla PS değerlerinde anlamlı bir artış gözlenmiş, bu durum, yüksek sıcaklıkların yağ fazının oksijenle temas süresini artırarak oksidatif bozunmayı hızlandırmasıyla ilişkilendirilmiştir (Lim ve ark., 2017). PS üzerinde en baskın etkinin T_H olduğu, BW oranının genel olarak azaltıcı etkide bulunduğunu ancak BW×T_H etkileşiminin yüksek T_H koşullarında bu etkiyi zayıflattığını göstermektedir. T_C etkisi düşüktür.



Şekil 5. Optimize Edilmiş Oleojelin Peroksit Değerlerinin 3D Grafikleri

Tablo 3. Optimize Edilmiş Oleojelin Varyans Analiz Sonuçları (a) YBK (b) Sertlik (c) İç yapışkanlık (d) PS

Source (a)	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**
Model	16.78	6	2.80	38.51	<0.0001
A-BW	10.93	1	10.93	150.48	<0.0001
B-T_H	0.0840	1	0.0840	1.16	0.3134
C-T_C	0.5050	1	0.5050	6.95	0.0298
AB	0.2450	1	0.2450	3.37	0.1035
AC	0.8836	1	0.8836	12.17	0.0082
A^2	4.13	1	4.13	56.93	< 0.0001
Residual	0.5810	8	0.0726		
LOF	0.5375	6	0.0896	4.12	0.2081
Pure Er.	0.0435	2	0.0217		
Cor Total	17.36	14			
Std. Dev.	0.2695				
Mean	99.14				
C.V. %	0.2718				
R^2	0.9665				
Adj. R^2	0.9414				
Pre. R^2	0.8325				
AP	17.90				

Source (b)	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**
Model	6.20	6	1.03	597.29	<0.0001
A-BW	5.99	1	5.99	3459.31	<0.0001
B-T_H	0.0103	1	0.0103	5.94	0.0407
C-T_C	0.1300	1	0.1300	75.09	< 0.0001
AC	0.0072	1	0.0072	4.17	0.0755
BC	0.0054	1	0.0054	3.14	0.1146
A^2	0.0625	1	0.0625	36.10	0.0003
Residual	0.0138	8	0.0017		
LOF	0.0134	6	0.0022	9.08	0.1025
Pure Er.	0.0005	2	0.0002		
Cor Total	6.22	14			
Std. Dev.	0.0416				
Mean	7.04				
C.V. %	0.5909				
R^2	0.9978				
Adj. R^2	0.9961				
Pre. R^2	0.9887				
AP	69.85				

Source (c)	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**
Model	2.623E+06	5	5.246E+05	95.89	<0.0001
A-BW	2.582E+06	1	2.582E+06	471.92	<0.0001
B-T_H	2030.44	1	2030.44	0.3711	0.5574
C-T_C	6215.57	1	6215.57	1.14	0.3142
A^2	21742.94	1	21742.94	3.97	0.0773
B^2	13363.89	1	13363.89	2.44	0.1525
Residual	49236.01	9	5470.67		
LOF	47851.11	7	6835.87	9.87	0.0950
Saf hata	1384.90	2	692.45		
Cor total	2.672E+06	14			
Std. hata	73.96				
Ortalama	914.64				
C.V. %	8.09				
R^2	0.9816				
Adj. R^2	0.9713				
Pre. R^2	0.9416				
AP	26.51				

Source (d)	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**
Model	9.04	7	1.29	39.86	<0.0001
A-BW	0.8978	1	0.8978	27.71	0.0012
B-T_H	4.18	1	4.18	128.91	<0.0001
C-T_C	0.2665	1	0.2665	8.22	0.0241
AB	0.1122	1	0.1122	3.46	0.1050
A^2	2.68	1	2.68	82.75	<0.0001
B^2	0.5846	1	0.5846	18.05	0.0038
C^2	0.1508	1	0.1508	4.65	0.0679
Residual	0.2268	7	0.0324		
LOF	0.1899	5	0.0380	2.06	0.3583
Pure Er.	0.0369	2	0.0184		
Cor Total	9.27	14			
Std. Dev.	0.1800				
Mean	14.10				
C.V. %	1.28				
R^2	0.9755				
Adj. R^2	0.9511				
Pre. R^2	0.8184				
AP	21.15				

Çoklu Yanıt Optimizasyonu ve Model Doğrulaması

Optimum noktanın belirlenebilmesi için yanıtlar arasında YBK, sertlik ve İY değerlerinin maksimum, PS'nin ise minimum olması hedeflenmiştir. En yüksek D değeri noktası 0.677, şu koşullar altında seçildi: %11.47 BW, 80 °C T_H ve 4 °C T_C. Oleojel örneği optimum koşullarda üç kez hazırlandı ve modelin geçerliliğini doğrulamak için incelendi. Optimum nokta, tahmini değerlerin alt ve üst sınırları ve bu noktaya ilişkin optimum oleojelin deneysel sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Örneğin YBK, sertlik, İY ve PS değerlerinde öngörülen değerlere kıyasla önemli bir fark gözlenmedi. Bu bulgular, çok amaçlı optimizasyonun başarıyla gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Tablo 4. Optimizasyon Sonuçları: Optimum Noktanın Tahmini Değerleri ve Optimum Oleojelin Yanıtları

Yanıtlar	Tahmini ortalama	95% CI düşük	95% CI yüksek	Optimize oleojel yanıtları
YBK	100.06	99.62	100.49	99.64±0.3
Sertlik	1632.98	1508.77	1767.41	1613.18±11.24
İY	-1187.08	-1078.23	-1295.92	-1087.28±8.49
PS	13.29	12.97	13.60	13.03±0.020

Optimize Edilmiş Oleojelin Fiziksel Analizleri

LBO'nun KOZ sonucu 322±1.00 saniye olarak belirlenmiş olup, literatürde bildirilen bulgularla uyumludur (Dursun, 2017; Fayaz ve ark., 2017; Tarım, 2021; Önder, 2022). Öğütçü (2014), fındık yağı ile farklı mumlar kullanarak hazırladığı oleojellerde KOZ değerinin 4.00–18.50 dak. arasında değiştiğini belirtmiştir.

Santrifüj stabilite testi sonucu, LBO'nun yüksek fiziksel stabiliteye sahip olduğunu ve herhangi bir faz ayrışmasının gözlenmediğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, LBO'nun güçlü bir ağ yapısı ve başarılı bir formülasyonla üretildiğini göstermektedir. Çokay ve Öğütçü (2023), okaliptüs, lavanta, limon kabuğu ve çay ağacı yağları ile hazırladıkları oleojellerde %10 ayçiçeği mumu ve %15 BW kullanmış; her iki oleojelde de oda sıcaklığında faz ayrımı gözlenmediğini bildirmiştir. Tarım (2021) ise, konjuge linoleik asit ve ayçiçek yağı kullanarak hazırladığı oleojellerde, %3, %3.5 ve %4 BW içeren örneklerin test sonrası stabil olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak, LBO'nun santrifüj testine karşı yüksek dayanıklılık gösterdiği ve faz ayrışması gözlenmeyerek fiziksel stabilitelerinin literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin renk özelliklerinin belirlenmesinde doğal renk değerleri esas alınmıştır. Renk değerleri incelendiğinde (Tablo 5), L* açıklık değerinde depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Tüm zaman noktalarında MRG örneğinde açıklık değeri anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0.05$). a* değerinde depolama süresince yeşil renge doğru artış gözlenmiştir. MRG örneğinde artış anlamlı iken ($p<0.05$), LBO oleojelinde ise bu artış anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Tüm zaman noktalarında a* değerinde örnekler arasında anlamlı farklılık yoktur ($p>0.05$). b* değerlerinde ise LBO örneğinde depolama süresince mavi renge doğru anlamlı bir artış gözlenirken MRG örneğinde sarı renge doğru anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p<0.05$). 60. gün dışında tüm zaman noktalarında, LBO ve MRG arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Bu sonuçlar değerlendirildiğinde tüm örneklerde depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte L* ve b* değerlerinin düştüğünü, a* değerinin ise azalarak daha negatif değerlere kaydığını, örneklerin zamanla daha koyu ve yeşilimsi tonlara kaydığını göstermektedir. Bu değişim, oleojelin görsel çekiciliğini azaltarak tüketici beğenisini olumsuz etkileyebilir.

Oleojellerde renk farklılıkları kullanılan yağ ve jelatör tipine bağlı olarak değişmekle birlikte, bulgularımız, literatürdeki benzer çalışmalarla uyum göstermektedir (Öğütçü ve ark., 2015; Dursun, 2017; Badem, 2020).

Örneklerin zamana göre ΔE değişimleri (Tablo 5) analiz edildiğinde 90. günün sonunda tüm örneklerde anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). LBO da ilk 60 gün boyunca renk değişimleri genellikle düşük seviyede kalmış ve görsel olarak fark edilemez düzeyde seyretmiştir ($\Delta E < 2$). Ancak 90. gün sonunda $\Delta E > 7.5$ bulunmuş ve bu değer görsel olarak fark edilebilir düzeyde renk değişimine işaret etmiştir. 90. günün sonunda LBO'nun MRG'ye göre daha yüksek ΔE değeri göstermesi, LBO'nun renk stabilitesinin MRG'ye kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

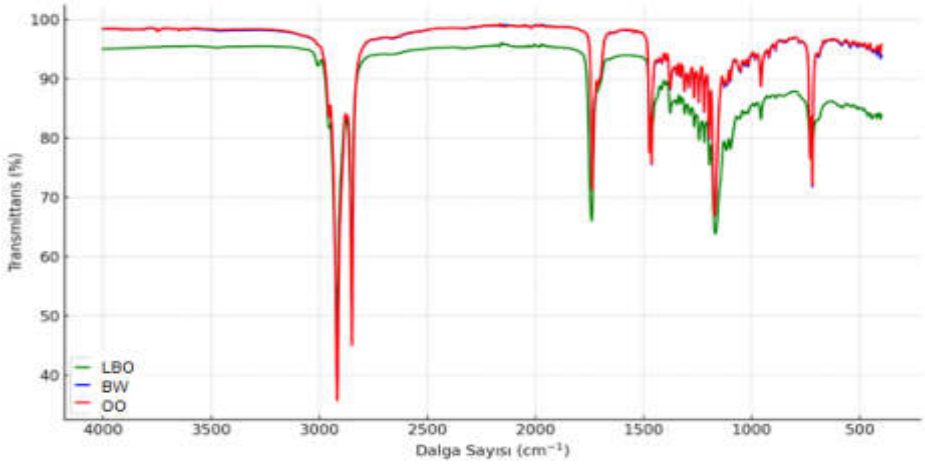
Tablo 5. Optimize Edilmiş Oleojelin Renk Değerleri

	0.gün	**30.gün**	**60.gün**	**90.gün**
ÖRNEK	**L***	**L***	**L***	**L***
LBO	$52.68\pm2.64^{Ab*}$	52.17 ± 3.87^{Ab}	53.18 ± 4.33^{Ab}	48.12 ± 4.38^{Ab}
MRG	77.12 ± 1.21^{Aa}	78.6 ± 0.89^{Aa}	78.65 ± 6.12^{Aa}	76.05 ± 3.89^{Aa}
ÖRNEK	**a***	**a***	**a***	**a***
LBO	-0.27 ± 0.29^{Aa}	-0.6 ± 0.7^{Aa}	-0.52 ± 0.71^{Aa}	-0.75 ± 0.49^{Aa}
MRG	0.13 ± 0.03^{Aa}	0.18 ± 0.09^{Aa}	-0.41 ± 0.27^{Ba}	-0.66 ± 0.15^{Ba}
ÖRNEK	**b***	**b***	**b***	**b***
LBO	21.44 ± 3.66^{Aa}	20.31 ± 2.71^{Aa}	20.22 ± 3.35^{Aa}	11.64 ± 3.65^{Ba}
MRG	7.48 ± 0.79^{Bb}	7.79 ± 0.25^{Bb}	13.42 ± 3.76^{Aa}	12.81 ± 2.63^{Aa}
ÖRNEK		**ΔE**	**ΔE**	**ΔE**
LBO		1.28^{Cb}	1.34^{Bb}	10.82^{Aa}
MRG		1.51^{Ca}	6.16^{Aa}	5.49^{Bb}

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılıkları ($p<0.05$) ve aynı satırdaki farklı büyük harfler o satırdaki örneğin depolama sırasındaki farklılıklarını ($p<0.05$) göstermektedir. LBO: Optimize edilmiş oleojel, MRG: Margarin

FT-IR

LBO, OO ve BW'ye ait FT-IR spektrumları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Optimal Oleojel, Balmumu ve Zeytinyağına Ait FT-IR Spektrumları

Optimize edilmiş oleojel, 720 cm^{-1} (C–H düzlem dışı bükülmesi), 957 cm^{-1} (=C–H düzlem-dışı deformasyon), 1167–1242 cm^{-1} (C–O gerilmesi), 1265 cm^{-1} (C–O–C gerilmesi), 1379 cm^{-1} ve 1463 cm^{-1} (C–H bükülmesi), 1739 cm^{-1} (C=O gerilmesi) ve 2849–2917 cm^{-1} (C–H gerilmesi) bölgelerinde karakteristik tepe noktaları sergilemiştir (Öğütçü, 2014; Fayaz ve ark., 2017; Kara, 2019; Pang ve ark., 2020; Thakur ve ark., 2022).
OO ve BW FTIR spektrumlarında, 3200–3600 cm^{-1} dalga sayısı aralığında hidrojen bağlarına (O–H germe titreşimleri) işaret eden belirgin bir absorpsiyon bandı gözlenmemiştir. Bulgularımız literatürle uyumludur (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012; Öğütçü, 2014; Çeviker, 2024). Buna karşılık, optimize oleojelde bu bölgede geniş ve zayıf bantların görülmesi, uçucu yağların içerdiği polar fonksiyonel gruplar aracılığıyla yapı içinde zayıf hidrojen bağlarının oluşmasına atfedilebilir. O–H germe bölgesinde gözlenen bu bantlar, uçucu yağların oleojel yapısına dahil olduğunu desteklemektedir. LUY'a atfedilen karakteristik bantlardan 1600–1680 cm^{-1} aralığındaki C=C gerilmesi, ~1021 ve ~1081 cm^{-1}'deki düzlem-içi C–H bükülmeleri/iskelet titreşimleri ile ~800 cm^{-1} civarındaki düzlem-dışı C–H bükülmesi bantlarının belirginleşmemesi, uçucu yağın düşük derişimi ve mum matrisi/ester C–O bantlarıyla örtüşme-kaynaklı sinyal baskılanması ile açıklanabilir (Mercy ve ark., 2015; Toprakçı ve ark., 2024).

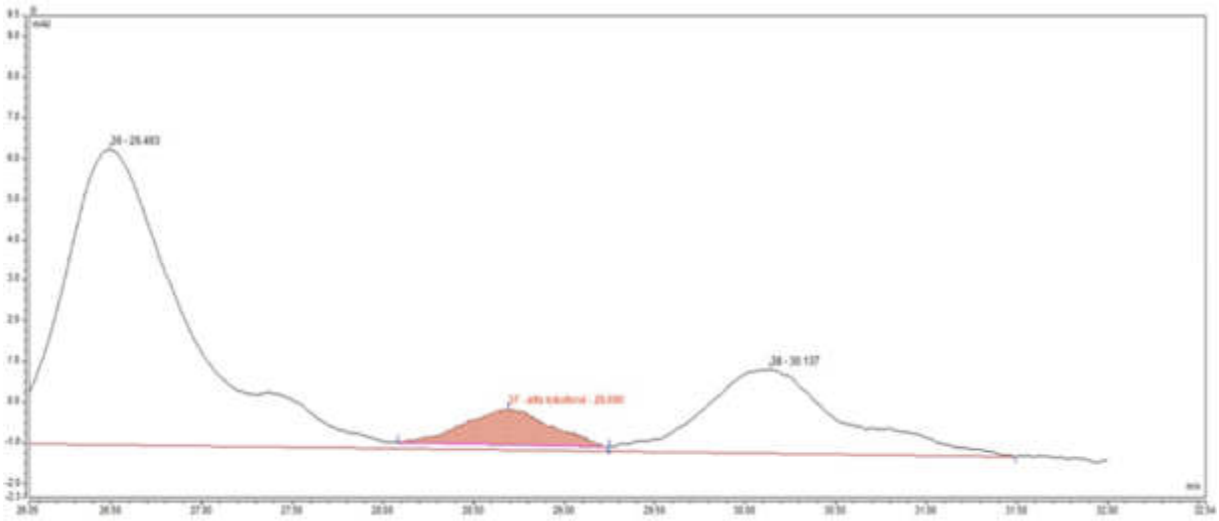
α-Tokoferol Miktarının Belirlenmesi

Zeytinyağlarında toplam tokoferol içeriği 50 ile 270 mg/kg arasında değişmektedir. Tokoferoller içerisinde en baskın form, E vitamini eşdeğeri olan α-tokoferoldür ve zeytin çeşidi, meyvenin olgunluk seviyesi, depolama süresi ve saklama koşulları gibi faktörlerden etkilenmektedir (Oliveras-Lopez ve ark., 2008; Sevim, 2011). Yapılan çalışmalarda zeytinyağının oksidatif stabilitesi incelendiğinde, oksidatif süreçlerde α-tokoferolün öncelikli olarak tüketildiği ve bu bileşiğin özellikle oksidasyonun indüksiyon periyodunda etkin bir antioksidan rolü üstlendiği ortaya konulmuştur (Morello ve ark., 2004). Oleojel üretiminde kullanılan zeytinyağının α-tokoferol düzeyi, yağın oksidatif stabilitesi ve doğal antioksidan kapasitesi açısından belirleyici olduğundan, hem fonksiyonel özelliklerin korunması hem de oleojelin raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlaması bakımından önem taşımaktadır.
α-tokoferol düzeyleri depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) şekilde azalmıştır (Tablo 6). Şekil 7'de LBO'ya ait α-tokoferol kromotogramı verilmiştir. En yüksek başlangıç α-tokoferol değeri OO'da (140.77 mg/kg) belirlenmiş olsa da, 90. gün sonunda en fazla α-tokoferol kaybı yine bu örnekte (yaklaşık %42) meydana gelmiştir. LBO örneği %25 oranındaki azalma ile daha stabil sonuçlar vermiştir. Uçucu yağ içeren LBO oleojelinde, OO örneğine kıyasla daha düşük α-tokoferol kaybı meydana gelmiş olması, uçucu yağın içerdiği antioksidan bileşenlerin serbest radikallerle doğrudan etkileşerek α-tokoferol stabilitesini olumlu yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir. Ancak uçucu yağların bu etkiyi doğrudan güçlendirdiğine dair literatürde net bir bulgu bulunmamaktadır. Buna karşılık, oleojel yapılar genel olarak α-tokoferol stabilitesini artırabilecek fiziksel bir bariyer etkisi oluşturabilmektedir. Yapılandırılmış yağ fazında serbest radikallerin yayılımı sınırlanarak α-tokoferolün oksidatif bozunmaya karşı daha uzun süre aktif kalması sağlanabilmekte, ayrıca yarı amfifilik özelliği sayesinde α-tokoferol interfaz bölgelerinde daha etkin bir şekilde görev yapabilmektedir (Alongi ve ark., 2021). Depolama süresince gözlemlenen düşük α-tokoferol kayıplarının, hem oleojel matrisinin fiziksel koruyuculuğundan hem de uçucu yağ katkısının olası sinerjik etkisinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Tablo 6. Depolama Boyunca Optimal Oleojele ve Zeytinyağına ait α-Tokoferol Değerleri

Örnek	0.gün (mg/kg)	30.gün (mg/kg)	60.gün (mg/kg)	90.gün (mg/kg)
LBO	128.99±0.74^{Ab*}	117.78±2.05^{Ba}	106.5±0.66^{Ca}	96.78±0.33^{Da}
OO	140.77±1.23^{Aa}	115.92±1.23^{Ba}	97.92±1.37^{Cb}	81.32±1.81^{Db}

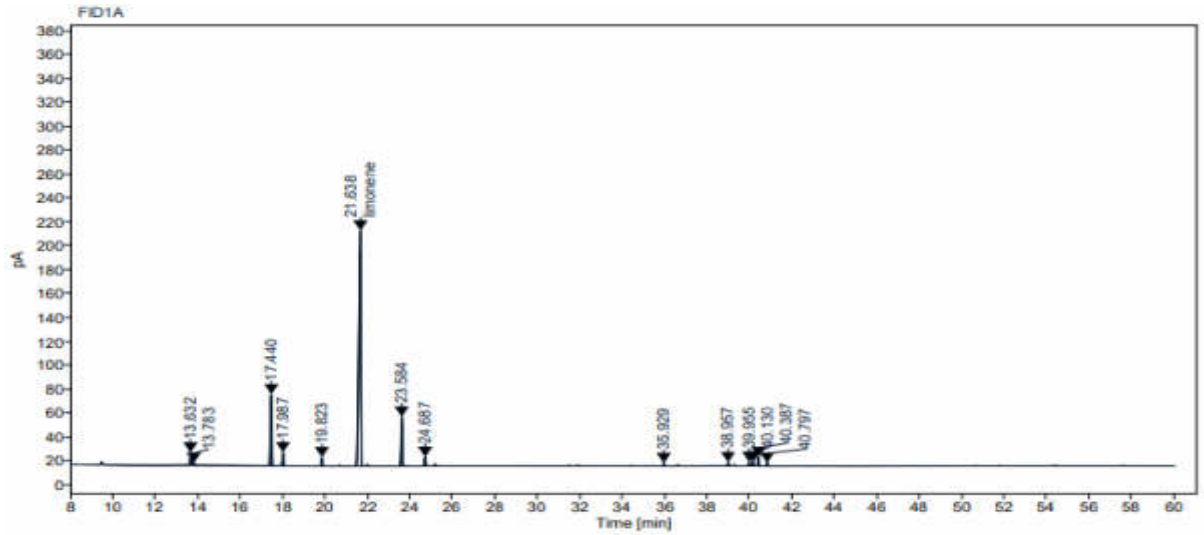
* Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılıkları ($p<0.05$) ve aynı satırdaki farklı büyük harfler o satırdaki örneğin depolama sırasındaki farklılıklarını ($p<0.05$) göstermektedir. LBO: Optimize edilmiş oleojel, OO: Zeytinyağı



Şekil 7. LBO'ya ait α-tokoferol kromotogramı

D-Limonen Miktarının Belirlenmesi

LBO hazırlandıktan sonra depolama boyunca (0, 30, 60. ve 90. gün) d-limonen miktar analizleri yapılmış ve bulunan değerler Tablo 7'de ve limon uçucu yağına ait GC kromotogramı Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Limon uçucu yağına ait GC kromotogramı

Tablo 7. Optimal oleojellere ait limonen bileşen miktarları

Örnek	0.gün (mg/kg)	30.gün (mg/kg)	60.gün (mg/kg)	90.gün (mg/kg)
LBO	15.11±0.31^{A}	15.08±0.26^{A}	14.35±0.11^{B}	13.62±0.05^{C}

* Aynı satırdaki farklı büyük harfler o satırdaki örneğin depolama sırasındaki farklılıklarını ($p<0.05$) göstermektedir. LBO: Optimize edilmiş oleojel

Tablo 7'de yer alan verilere göre, depolama süresi boyunca tüm oleojel örneklerinde d-limonen miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bir azalma meydana gelmiştir. LUY içeren LBO'da limonen miktarı başlangıçta 15.11 mg/kg olarak belirlenmiş, depolama süresince yaklaşık %9–10 oranında azalmıştır. Depolama süresince gerçekleşen azalma, limonenin uçucu yapısının yanı sıra, oleojele eklendiğinde işleme ve depolama sırasındaki ısı, oksijen ve ışık gibi çevresel faktörlere karşı duyarlılığından kaynaklanmaktadır (Friedman ve ark., 2000; Ravichandran ve ark., 2018; Muhoza ve ark., 2021).

SONUÇ

Bu çalışmada, BW ile yapılandırılmış zeytinyağı oleojelinin hazırlanmasında kullanılan bağımsız değişkenlerin (BW oranı, T_H ve T_C) etkileri RSM kapsamında incelenmiş ve çoklu yanıt optimizasyonu başarıyla gerçekleştirilmiştir. Modeller yüksek determinasyon katsayıları ($R^2>0.96$) ve AP değerleri ile deneysel verilerle uyum göstermiştir. Optimum koşullar %11.47 BW, 80 °C T_H ve 4 °C T_C olarak belirlenmiş, bu koşullarda elde edilen oleojellerde yüksek YBK, sertlik ve İY değerleri ile düşük PS saptanmıştır. Deneysel doğrulama sonuçlarının tahmin edilen değerlerle yüksek uyum göstermesi, kurulan modellerin güvenilirliğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, optimize edilmiş formülasyonun margarin benzeri yapısal ve fonksiyonel özellikler sunarak oleojel üretiminde etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Optimize edilmiş oleojelin KOZ değeri 322±1.00 saniye olarak belirlenmiş ve elde edilen değer literatürde bildirilen aralıklarla uyumlu bulunmuştur. Optimize edilmiş oleojel, santrifüj stabilite testinde herhangi bir faz ayrışması göstermemiş ve yüksek fiziksel stabilite sergilemiştir. Bu durum, oleojel matrisinde balmumu kristallerinin sıkı ve homojen bir ağ yapısı oluşturarak sıvı yağ fazını etkin şekilde tutabildiğini ortaya koymaktadır. LBO ve MRG örneğinde depolama boyunca L* ve b* değerlerinde düşüş, a* değerinin ise azalarak daha negatif değerlere kaydığı gözlenmiştir. LBO'da 90. gün sonunda ΔE değerleri görsel olarak fark edilebilir düzeyde artış göstermiştir. Başlangıçta renk farklılıkları düşük seviyede kalırken, depolama ilerledikçe oleojelin daha koyu ve yeşilimsi tonlara kaydığı belirlenmiştir. Bulgular, optimize edilmiş oleojelin belirli bir süre boyunca renk açısından kabul edilebilir olduğunu, ancak uzun dönem depolamada margarine kıyasla daha düşük renk stabilitesi sergilediğini ortaya koymaktadır. FT-IR sonuçları, optimize oleojelde 720–2917 cm^{-1} aralığında OO/BW'ye ait karakteristik bantları doğrularken, 3200–3600 cm^{-1} bölgesindeki geniş ve zayıf O–H bandı, uçucu yağın içerdiği polar fonksiyonel gruplar aracılığıyla yapıda zayıf hidrojen bağlarının oluştuğunu desteklemektedir.

Depolama süresince LBO ve OO örneklerinde α-tokoferol düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlenmiştir. En yüksek kayıp yaklaşık %42 ile OO'da meydana gelirken, LBO'da bu oran %25 seviyesinde kalmıştır. Gözlemlenen düşük α-tokoferol kayıplarının, hem oleojel matrisinin fiziksel koruyuculuğundan hem de uçucu yağ katkısının olası sinerjik etkisinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Depolama süresince optimize edilmiş oleojelde d-limonen miktarında yaklaşık %9–10 oranında azalma meydana gelmiştir.

Bu kayıp, limonenin uçucu yapısı ve çevresel faktörlere duyarlılığından kaynaklanmaktadır. D-limonen için elde edilen sonuçlar, oleojellerin uçucu bileşenlerin stabilitesini artırmada belirli bir avantaj sunduğunu, ancak uzun süreli depolamada sınırlı kayıpların kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, LUY ile zenginleştirilmiş OO–BW oleojelinin hem fonksiyonel bileşenlerin korunmasında hem de margarin benzeri alternatif bir yapılandırılmış yağ olarak kullanımında önemli potansiyel sunduğu ortaya konulmuştur. Bu tür oleojeller, trans ve doymuş yağ asitlerini azaltmaya yönelik sağlıklı yağ alternatifleri geliştirilmesinde umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmalarda; farklı uçucu yağ türleri ve konsantrasyonlarının karşılaştırılması, oleojellerin gerçek gıda ürünlerinde duyusal özellikler ve tüketici kabulü üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, biyoyararlanım analizleri ve uzun dönem raf ömrü denemelerinin yapılmasına odaklanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Adelantado, C., Salatti-Dorado, J.A., Herrera, C., Arce, L., Cardador, M.J. 2023. "Discrimination amongst olive oil categories by means of high performance-ion mobility spectrometry: a step forward on food authentication". Food Control, https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110208

Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebzadeh, K., & Hosseini, S. M. 2020. "Oleogel fabrication based on sodium caseinate, hydroxypropyl methylcellulose, and beeswax: effect of concentration, oleogelation method, and their optimization". Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 97, Iss.5, 485-496. doi:10.1002/aocs.12341

Alongi, M., Lucci, P., Clodoveo, M., Schena, F., & Calligaris, S. 2021. "Oleogelation of extra virgin olive oil by different oleogelators affects the physical properties and the stability of bioactive compounds". Food Chemistry, 368, 130779. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130779.

AOCS. 2004. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, III. AOCS (Method Cd 8-53 and Ca 5a-40). In. Eds, 5th edn.: Champaign, p.

Badem, Ş. 2020. Aspir Yağı Esaslı Farklı Oleojellerin Elde Edilmesi ve Keklerin Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Van.

Boucheffa, S., Kheyar-Kraouche, N., Djermouni, M., Bettihi, S., Sellal, A., Cheraft, N., Berboucha, M., Rovellini, P., Kelebek, H., & Tamendjari, A. 2024. "Extra virgin olive oil′s main components′ antioxidant activity and in silico effect on AKT1". Chemistry & Biodiversity, 21. https://doi.org/10.1002/cbdv.202302074.

Chetia, J., Adhikary, P., Devi, L.M., Badwaik, L.S. 2023. "Extraction of essential oil from assam lemon peels and ıts ıncorporation in chitosan based coating for maintaining grape quality". Sustainable Chemistry and Pharmacy, Vol. 32, 101034. https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101034.

Çeviker, C. 2024. Oleojel Ve Oleojel Bazlı Bigelların Optimize Edilerek Bisküvi Ve Bisküvi Dolgu Kremasında Kullanım Olanaklarının İncelenmesi, Doktora Tezi, T.C. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Çokay, H. and Öğütçü, M. 2023. "Determining the structure and stability of essential oil-sunflower wax and beeswax oleogels". Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 100, Issue 12, 927-1013. https://doi.org/10.1002/aocs.12745

Da Silva, F.T., dos Santos, F.N., Fonseca, L.M., de Souza, E.J.D., dos Santos Hackbart, H.C., da Silva, K.G., Biduski, B., Gandra, E.A., Dias, A.R.G., da Rosa Zavareze, E. 2023. "Oleogels based on germinated and non-germinated wheat starches and orange essential oil: application as a hydrogenated vegetable fat replacement ın bread". International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 253, Part 1, https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126610

Dassanayake, L.S.K., Kodali, D.R., and Ueno, S. 2011. "Formation of oleogels based on edible lipid materials". Current opinion in colloid & interface science, 16:5, 432-439.

De Morais, J.M., dos Santos, O.D.H., Delicato, T., Gonçalves, R.A., and da Rocha-Filho, P.A. 2006. "Physicochemical characterization of canola oil/water nano-emulsions obtained by determination of required HLB number and emulsion phase ınversion methods". Journal of Dispersion Science Technology, 27,109–115.

Dedebaş, T., Ekici, L., & Sağdıç, O. 2022. Influence of heating on thermal stability of essential oils during storage. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 25, 611 - 625. https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2089058.

Dursun, G. 2017. Bitkisel Yağlardan Organojelasyon Yöntemi ile Yapılandırılmış Yemeklik Yağ Üretilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.

Fayaz, G., Goli, S.A.H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Balducci, C., ... & Nicoli, M.C. 2017. "Pomegranate seed oil organogels structured by propolis wax, beeswax and their mixture". European Journal of Lipid Science and Technology, 119(10), 1700032. https://doi.org/10.1002/ejlt.201700032

Friedman, M., Kozukue, N., & Harden, L. 2000. "Cinnamaldehyde content in foods determined by gas chromatography-mass spectrometry", Journal Of Agricultural and Food Chemistry, 48 11, 5702-9 . https://doi.org/10.1021/JF000585G.

Frolova, Y., Sarkisyan, V., Sobolev, R., Makarenko, M., Semin, M., Koçetkova, A. 2022. "The influence of edible oils' composition on the properties of beeswax-based oleogels". Gels, 8(1), 48. https://doi.org/10.3390/gels8010048

Guo, S., Song, M., Gao, X., Dong, L., Hou, T., Lin, X., Tan, W., Cao, Y., Rogers, M. and Lan, Y., 2020. Assembly pattern of multicomponent supramolecular oleogel composed of ceramide and lecithin in sunflower oil: self-assembly or self-sorting?. *Food & Function*, 11(9), pp.7651-7660. https://doi.org/ 10.1039/d0fo00635a

Güldemir, K. 2021. Oleojelasyon ile ruşeym yağının fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi, Doktora Tezi, T.C. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD., Malatya.

Han, W., Chai, X., Zaaboul, F., Tan, C., Sun, Y., Liu, C., & Liu, Y. 2022. Beeswax crystals form a network structure in highly unsaturated oils and O/W emulsions under supersaturation and cool temperature conditions. LWT. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113594.

Kara, S. 2019. Karnauba ve Balmumu Vaksları ile Hazırlanan Oleojellerin DSC ve FT-IR Spektroskopisi ile Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Kasparaviciene, G., Kalveniene, Z., Pavilonis, A., Marksiene, R., Dauksiene, J., & Bernatoniene, J. 2018. "Formulation and characterization of potential antifungal oleogel with essential oil of thyme". Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2018, 1–6. doi:10.1155/2018/9431819

Lim, J., Hwang, H.S., Lee, S. 2017. "Oil-structuring characterization of natural waxes in canola oil oleogels: rheological, thermal, and oxidative properties". Applied Biological Chemistry, 60 (1), pp. 17-22, 10.1007/s13765-016-0243-y

Marangoni, A.G., Garti, N. 2018. Edible oleogels: structure and health ımplications, Elsevier.

Mercy, N., Nithyalakshmi, B., & Aadhithiya, L. 2015. "Extraction of orange oil by ımproved steam distillation and its characterization studies". International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences, 3(2), 1–8.

Mohammed, H., Sulaiman, G., Khan, R., Al-Saffar, A., Mohsin, M., Albukhaty, S., & Ismail, A. 2024. "Essential Oils Pharmacological Activity: Chemical Markers, Biogenesis, Plant Sources, and Commercial Products". Process Biochemistry. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.05.021.

Morello, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J. and Romero, M.P. 2004. "Changes in commercial virgin olive oil (cv arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction", Food Chemistry, 85, 357–364.

Muhoza, B., Qi, B., Harindintwali, J., Koko, M., Zhang, S., & Li, Y. 2021. "Encapsulation of cinnamaldehyde: an insight on delivery systems and food applications". Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63, 2521 - 2543. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1977236.

Oliveras- Lopez, M.J., Quesada Granados, J.J., Bermudo, F.M., Serana, H.L. and Lopez Martinez, M.C. 2008. "Influence of milling conditions on the α-tocopherol content of picual olive oil". European Journal of Lipid Science and Technology, 110, 530-536.

Oyom, W., Mahmud, N.,Islam, J.,Valizadeh, S., Awuku, R.B., Ibrahim, S.A., Tahergorabi, R. 2024. "Enhancing the oxidative stability, physicochemical and sensory quality of deep-fat fried chicken nuggets using thyme essential oil-loaded oleogel coatings". Progress in Organic Coatings, Vol. 186, 107977. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107977.

Öğütçü, M. 2014. Yemeklik Oleojellerin Hazırlanması Ve Gıda Ürünü Olarak Kullanımlarının Araştırılması, Doktora Tezi, T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Öğütcü, M. and Yılmaz, E. 2014. "Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes". International Journal of Food Properties, 18:8, 1741- 1755.

Öğütcü, M., Arifoğlu, N., & Yılmaz, E. 2015. "Preparation and characterization of virgin olive oil-beeswax oleogel emulsion products". Journal of the American Oil Chemists' Society, 92(4), 459–471. doi:10.1007/s11746-015-2615-6

Önder, Ö. 2022. Manda Sütünden Oleojel İlaveli Fonksiyonel Dondurma Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Samsun.

Palla, C., Giacomozzi, A., Genovese, D.B. and Carrín, M.E. 2017. "Multi–objective optimization of high oleic sunflower oil and monoglycerides oleogels: searching for rheological and textural properties similar to margarine". Food Structure, 12, 1-14.

Pang, M., Shi, Z., Lei, Z., Ge, Y., Jiang, S., Cao, L. 2020. "Structure and thermal properties of beeswax-based oleogels with different types of vegetable oil". Grasasaceites [Internet]. 2020Dec.4 [cited 2023Dec.12];71(4):e380.

Park, C., Bemer, H.L. and Maleky, F. 2018. "Oxidative stability of rice bran wax oleogels and an oleogel cream cheese product". Journal of the American Oil Chemists' Society, 95:10, 1267-1275.

Patel, A. R., & Dewettinck, K. 2016. "Edible oil structuring: an overview and recent updates". Food & Function, 7(1), 20-29. https://doi.org/10.1039/C5FO01006C

Pehlivanoğlu, H., Demirci, M., Toker, O.S., Konar, N., Karasu, S., & Sagdic, O. 2017. "Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: production and food-based applications". Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58(8), 1330–1341. doi:10.1080/10408398.2016.1256866

Pinto, T.C., Martins, A.J., Pastrana, L., Pereira, M.C., Cerqueira, M.A. 2021. "Oleogel-based systems for the delivery of bioactive compounds in foods". Gels, 7 (3). doi:10.3390/gels7030086

Poiana M.A., Mousdis G., Alexa E., Moigradean D., Negrea M., Mateescu C. 2012. "Application of FT-IR spectroscopy to assess the olive oil adulteration". Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 18 (4): 277-282.

Pușcaș, A., Mureșan, V., Socaciu, C., & Muste, S. 2020a. "Oleogels in food: a review of current and potential applications". Foods, 9(1), 70. doi:10.3390/foods9010070

Ravichandran, C., Badgujar, P., Gundev, P., & Upadhyay, A. 2018. "Review of toxicological assessment of d-limonene, a food and cosmetics additive". Food and Chemical Toxicology, 120, 668-680 . https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.07.052.

Sánchez-González, L., Cháfer, M., Hernández, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. 2011. "Antimicrobial activity of polysaccharide films containing essential oils". Food Control, 22(8), 1302–1310. doi:10.1016/j.foodcont.2011.02.004

Sevim, D. 2011. Zeytin Yaprağı İlave Edilerek Elde Edilen Zeytinyağlarının Bazı Temel Kalite Kriterleri ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri A.B.D., İzmir.

Sinha SS, Upadhyay A, Singh A. 2024. Development and optimization of oleogel made with soy protein isolate and xanthan gum using emulsion template approach and its comparison with solid fats. Heliyon, 10, Issue 3, e25224. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25224

Sivakanthan, S., Fawzia, S., Mundree, S. Madhujith, T., Karim, A. 2023. "Optimization and characterization of new oleogels developed based on sesame oil and rice bran oil". Food Hydrocolloids, Vol. 142, 108839. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.108839.

Sivakanthan, S., Fawzia, S., Mundree, S., Madhujith, T., & Karim, A. (2024). Effect of cooling rate on properties of beeswax and stearic acid oleogel based on rice bran oil and sesame oil. *Gels*, 10. https://doi.org/10.3390/gels10110697.

Tarım, O.U. 2021. Oleojel Formülasyonunda Konjuge Linoleik Asit Kullanımı ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Niğde Ömer Halisdermir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde.

Thakur, D., Singh,A., Prabhakar, P.K., Meghwal, M., Upadhyay, A. 2022. "Optimization and characterization of soybean oil-carnauba wax oleogel". LWT-Food Science and Technology, Vol. 157,113108. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113108

Toprakçı, İ., Balci-Torun, F., Deniz, N.G., Ortaboy, S., Torun, M., Şahin, S. 2024. "Evaluation of mandarin peel as an alternative source of limonene:identifcation with GC-MS, FTIR and NMR studies". Journal of Food Measurement and Characterization, 18:1422–1432. https://doi.org/10.1007/s11694-023-02236-5

Vlachos N., Skopelitis Y., Psaroudaki M., Konstantinidou V., Chatzilazarou A., Tegou E. 2006. "Applications of fourier transform-ınfrared spectroscopy to edible oils". Analytica Chimica Acta, 573–574: 459–465.

Wang, Q., Rao, Z., Jiang, L., Lei, X., Zhao, J., Lei, L., Zeng, K., & Ming, J. 2024a. "Oleogels loaded with lycopene structured using Zein/EGCG/Ca2+ complexes: Preparation, characterization and potential application". Food Chemistry, Vol. 463, Pt 4, 140976. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140976.

Wang J, Wan W. 2009. Experimental design methods for fermentative hydrogen production: A review. International Journal of Hydrogen Energy, 34(1), 235–244. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.10.008

Wei, X., Xia, R., Wei, C., Shang, L., An, J., & Deng, L. 2024. "The impact of beeswax and glycerol monolaurate on camellia oil oleogel's formulation and application in food products". Molecules, Vol. 29, 13. https://doi.org/10.3390/molecules29133192.

Yang, S., Li, G., Saleh, ASM, Yang, H., Wang, N., Wang, P., … Xiao, Z. 2017. "Functional characteristics of oleogel prepared from sunflower oil with β-sitosterol and stearic acid", Journal of the American Oil Chemists' Society, 94(9), 1153–1164. doi:10.1007/s11746-017-3026-7

Yılmaz, E., and Öğütcü, M. 2014. "Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride". Journal of the American Oil Chemists' Society, 91(6), 1007–1017. doi:10.1007/s11746-014-2434-1

Yılmaz E, Öğütcü M, Güneser O. 2015. "Influenceof storage on physico-chemical and volatilefeatures of enriched and aromatized wax organogels". Journal of the American Oil Chemists' Society, 92,1429-1443. https://doi.org/10.1007/s11746-015-2719-z

Yuan, C., Xie, Y., Jin, R., Ren, L., Zhou, L., Zhu, M., Ju, Y. 2017. "Simultaneous analysis of tocopherols, phytosterols and squalene in vegetable oils by high performance liquid chromatography (HPLC)". Food Analysis and Methods, 10(11), 3716-3722.

Zhang, K., Wang, W., Wang, X., Cheng, S., Zhou, J., Wu, Z., & Li, Y. 2019. "Fabrication and physicochemical and antibacterial properties of ethyl cellulose-structured cinnamon oil oleogel: relation between ethyl cellulose viscosity and oleogel performance". Journal of The Science of Food and Agriculture, 99 8, 4063-4071 . https://doi.org/10.1002/jsfa.9636.

Zhang, A., Wang, X., Zhong, R., Li, C., Chen, F., Zhang, D., Cao, Y., & Lan, Y. (2024). Engineering crystal network of supramolecular Oleogel via kinetical regulation for improved lutein bioaccessibility.. Food chemistry, 463 Pt 4, 141444 . https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141444.

Zheng, L., Zhong, J., Liu, X., Wang, Q., & Qin, X. (2023). Physicochemical properties and intermolecular interactions of a novel diacylglycerol oil oleogel made with ethyl cellulose as affected by γ-oryzanol. *Food Hydrocolloids*. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108484.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından PN: 31862 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Yine çalışmanın yürütülmesinde olanaklarını sunan Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Kalite ve Teknoloji Laboratuvarı'na teşekkür ederiz.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

YEMEKLİK YAPRAK TOPLANAN ASMALARDA BORİK ASİT UYGULAMALARININ ÜZÜM KALİTE VE YAPRAK BESİN MADDE İÇERİĞİNE ETKİSİ

Nisa GÜLER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri ABD
ORCID: 0000-0002-7893-946X

Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü
ORCID: 0000-0002-4734-7832

ÖZET
110R anacı üzerine aşılı Narince üzüm çeşidinde yaprak alma ve borik ait uygulamalarının üzümde salkım ve tane özellikleri, yaprakta ise besin madde içeriğine olan etkileri incelenmiştir. Yaprak alma uygulaması çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme sonrası olarak iki dönemde yapılmıştır. Çiçeklenme öncesi 3 kez yaprak alma (3 YA), çiçeklenme sonrası ise 2 kez yaprak alma (toplamda 5 YA) yapılmış olup, ardından borik asit (BA) uygulamaları yapılmıştır. Kontrol (K), Borik Asit (BA), 3 Yaprak Alma+Borik asit (3YA+BA), 5 Yaprak Alma+Borik Asit (5YA+BA) uygulamalarının akabinde salkım ve tanede salkım ağırlığı(g), salkım eni (cm), salkım boyu (cm), tane ağırlığı (g), tane eni (mm), tane boyu (mm), 100 tane ağırlığı (g), pH, SÇKM, titre edilebilir asitlik (TA) parametreleri incelenmiştir. Yaprakta ise besin madde içeriğine bakılmıştır. Araştırma sonucunda BA uygulaması 100 tane ağırlığında (243.13 g), pH (3.67) ve SÇKM de (Brix 22.66); 3 YA + BA uygulaması salkım boyu (25.983 cm), tane eni (15.4467 mm), TA (8.77); 5 YA+ BA uygulamasında ise tane ağırlığı (2.9733g) ve tane boyunda (16.4367mm) en yüksek değerleri vermiştir. Uygulamaların salkım ağırlığı, salkım eni ve sertlik değerleri üzerine etkisi incelendiğinde istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. BA uygulamalarının yaprak besin madde içeriği üzerine etkileri incelendiğinde ise bütün elementlerin istatiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür. Borik asit uygulamalarının yaprak alma uygulamaları ile uygulandığında salkım ve tane parametrelerini ile yaprak besin madde içeriğini iyileştirici etkileri olduğu sonucuna varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Narince, yaprak alma, SÇKM

THE EFFECT OF BORIC ACID APPLICATIONS ON GRAPE QUALITY AND LEAF NUTRIENT CONTENT IN GRAPEVINES HARVESTING EDIBLE LEAVES

ABSTRACT
The effects of leaf removal and boric application on cluster and berry characteristics of grapes and nutrient content of leaves were investigated in Narince grape variety grafted on 110R rootstock. Leaf removal was carried out in two periods: pre-flowering and post-flowering. Before flowering, 3 times leaf removal (3 treatments) and after flowering, 2 times leaf removal (5 treatments in total) were performed, followed by boric acid (BA) applications. Following the treatments of Control (K), Boric Acid (BA), 3 Leaf Removals+Boric Acid (3 YA+BA), 5 Leaf Removals+Boric Acid (5YA+BA), cluster weight (g), cluster width (cm), cluster length (cm), berry weight (g), berry width (mm), berry length (mm), 100 berry weight (g), pH, SSCM, titratable acidity (TA) parameters were examined in cluster and berry. Nutrient content was analyzed in the leaves.

As a result of the research, BA treatment gave the highest values in 100 berry weight (243.13g), pH (3.67) and TSS (Brix 22.66); 3 YA + BA treatment gave the highest values in cluster length (25.983cm), berry width (15.4467mm), TA (8.77); 5 YA + BA treatment gave the highest values in berry weight (2.9733g) and berry length (16.4367mm). The effects of treatments on cluster weight, cluster width and firmness values were not statistically significant. When the effects of BA treatments on leaf nutrient content were examined, it was seen that all elements were statistically significant. It was concluded that boric acid applications, when applied with leaf removal applications, had improving effects on cluster and berry parameters and leaf nutrient content.
Keywords: Narince, leaf removal, TSS

GİRİŞ

Dünyada en çok üretilen ve tüketilen meyve türlerinden biri olan üzümdür. Bu sebeple de bağcılık günümüzde hem dünya hem de ülkemiz için önemli bir tarım sektörüdür (Karamürsel, 2009). Kuzey ve güney yarım kürelerde toplam 7.356.539 hektarlık bir bağ alanında yaklaşık 75 milyon ton yaş üzüm üretilmektedir (Anonim, 2022). Türkiye ise asmanın anavatanı olması sebebiyle bağcılıkta eski ve köklü bir geçmişe sahiptir, hali hazırda 1200 üzüm çeşidine sahip bir ülkedir (Semerci ve ark., 2015). Türkiye de 2024 verilerine göre 3.8 milyon tonluk yaş üzüm üretimi gerçekleşmektedir (Tuik, 2025).

Üzüm sofralık, şaraplık/şıralık ve kurutmalık olmak üzere dünyada 3 farklı değerlendirme şekline sahip bir meyve türüdür (Ünal ve ark., 2019). Ülkemizde bu değerlendirme şekillerinin yanında anavatanı türkiye olan üzümün farklı değerlendirme şekilleri de ortaya çıkmıştır. Pekmez, pestil, köme, cevizli sucuk, üzüm tarhanası gibi üzüm ürünleri ile sağlıklı atıştırmalıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca üzümün yanında asma yaprağı ise Anadolu mutfak kültüründe yer etmiş, önemli ve özel günlerde sarma adını verilen yemeğin temel elementini oluşturmaktadır. Anadolu insanının sofrasında önemli bir besin öğesi olan asma yaprağının kalorisi düşük olup, bünyesinde organik asitler, şeker, fenolik maddeler, vitamin, önemli oranda diyet lifi ve mineraller yer almaktadır (Ribereau ve Reynold, 1971; Cangi ve Yağcı, 2017).

Türkiye'de üzüm üretimi haricinde bir gelir kaynağı olan asma yaprağı üretiminde Sultani Çekirdeksiz ve Narince çeşitleri ön plana çıksa da, her yörenin ince ve yumuşak yapılı, az dilimli, ince damarlı yapraklara sahip olan yerel çeşitleri de bu amaçla yaygın olarak değerlendirilmektedir (Cangi ve ark., 2012; Çelik, 2013). Yine Karaerik ve Kabuğu Yufka (Sat ve ark., 2002); Hesapali (Ünver ve ark., 2007), Hamburg Misketi, Kober 5 BB ve 41 B M.G. anaçlarından (Göktürk ve ark. 1997) toplanan yaprakların yemeklik olarak uygun oldukları saptanmıştır (Semerci ve Cangi, 2020).

Narince ülkemizin önemli beyaz şaraplık çeşitlerinden olup, Tokat ilinin marka değerlerindendir. Narince üzüm çeşidi Tokat ilinde %87'den fazla bağ alanı ile yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2013). Şaraplık olarak kullanılan Narince Denizli, Tekirdağ, Nevşehir (Kapadokya) gibi illerde de yetiştirilmektedir. Narincenin meyvesi uzun süredir sofralık, şaraplık ve şıralık olarak Tokat ilinde kullanılmaktadır. İç ve dış pazarda da Tokat yöresinin en önemli tarımsal ürünlerinden biri olan Narince üzüm çeşidinin salamuralık yaprağı aranan ürünler arasında yer almaktadır (Göktürk ve ark., 1997; Yağcı ve Odabaş, 2002). Ayrıca salamuralık olarak yoğun şekilde üretimi gerçekleştirilen bu çeşit Erbaa ve Tokat Ziraat Odaları tarafından 2017 ve 2019 yıllarında coğrafi işaret tescillerini almıştır.

Tokat ilinde toplam bağ alanlarının % 85.6'sında dekardan ortalama 100 kg yaprak toplandığını fakat, dekardan 700-800 kg yaprak toplanan bağlarda olduğunu bildirmişlerdir (Ağaoğlu ve ark. 1988).

Bağcılık sektörünün gelişmesine olumlu yönde katkı sağlayan sebeplerden birisi de asma yaprağındaki gelirin yüksek olmasıdır (Yağcı ve ark., 2013). Üreticilerin çoğu asmanın hem yaprağından hem de üzümden faydalanmak istediği için, üzüm üretimi arka planda kalmaktadır (Yağcı ve Odabaş, 2002). Aşırı miktarda yaprak toplama asmada kalan üzümlerin istenilen olgunluk seviyesine ulaşmamasına ve dolayısıyla üzümün kalitesinin düşük olmasına neden olduğu bildirilmiştir (Cangi ve ark., 2005).

Topraktan asmayı beslemek için veya asmanın ihtiyaç duyduğu besin elementlerini yapraklardan ilave etmek için gübreleme çalışmaları yapılmaktadır (Yağmur ve ark., 2005). Yaprak gübrelerine karşı üzümler farklı tepkiler verebilmektedirler. Bu tepkiler; üzüm çeşidine, uygulama yapılan döneme ve üretim yapılan ekolojiye göre farklılıklar gösterebilmektedir. Mikro besin elementlerinin asmada verim, kalite, gelişme ve büyüme üzerine etkileri olduğu bilinmektedir. Bu elementlerden önemli yere sahip olan bor, eksikliği en çok görülen mikro besin elementtir (Gupta, 1993). Bor toprakta iki farklı şekilde borat ya da borik asit formunda bulunmakta olup bitkiler boru topraktan borik asit formunda almaktadırlar (Aybaba, 2010).

Mikro besin elementlerinden olan Bor'un omcalardaki diğer önemi büyüme hormonları üretiminde önemli bir yere sahip olmasıdır (Kasap, 2012). Yapraktan yapılan bor uygulamalarının üzümdeki verim ve kalite üzerine etkileri incelendiğinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür (Williams ve ark., 2005). Fizyolojik açıdan da bor besin elementine bakıldığında kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumuna yardımcı rolde yer almaktadır (Uygan ve Çetin, 2004).

Yapılan çalışmalarda; çiçeklenme döneminde 500 mg l^{-1} BA yapılan uygulamada salkım ağırlığındaki artış bakımından incelendiğinde diğer uygulamalara göre daha olumlu sonuç verdiği görülmüştür (Aşcı ve ark., 2017). Bor uygulamaları meyve büyüklüğü ve meyve ağırlığı bakımından incelendiğinde pek çok meyve tür ve çeşidinde etkili olduğu gözlenmiştir (Sarrwyve ve ark., 2012; Abd ElMigeed ve ark., 2013; Zeraatkar ve ark., 2013, Aşcı ve ark., 2017). Benzer çalışmalar incelendiğinde borik asitin salkım ağırlığı, tane hacmi, SÇKM ve toplam şeker miktarı gibi kaliteyi arttırmaya yönelik olduğu belirlenmiştir. Fakat asma yaprağının makro ve mikro besin elementleri açısından değerlendirme yapılmamıştır.

Bu çalışmada, salamuralık asma yaprağıyla yoğun bir şekilde değerlendirilen Narince üzüm çeşidinin farklı seviyede yaprak alma ve borik asit uygulamalarının üzüm verim ve kalite, ayrıca yaprak besin elementi içeriğine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2021 yılında TOGÜ Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait Narince bağında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 110R anacı üzerine aşılı Narince üzüm çeşidi kullanılmıştır. Bağ 2013 yılında tesis edilmiş olup, 2x 3 m dikim sıklığına ve çift kollu kordon sistemi terbiye sistemine sahiptir. Tokat Orta Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerini arasında kaldığı için Karadeniz iklimi ve Karasal iklim arasında geçit kuşağı özelliği göstermektedir. En yüksek sıcaklık değeri 29.8 °C Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise -1.6 °C ile Ocak ayında ölçülmüştür. Yıllık ortalama yağış ise 434.5 mm olarak ölçülmüştür. Deneme alanına ait toprak özellikleri ise 7.90 pH, organik madde %1.64, yarayışlı fosfor 3.57 kg P_2O_5/da ve yarayışlı potasyum ise 68.64 kg K_2O/da olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Araştırma bağında vejetasyon dönemi boyunca gerekli tüm kültürel ve kimyasal işlemler gerçekleştirilmiştir.

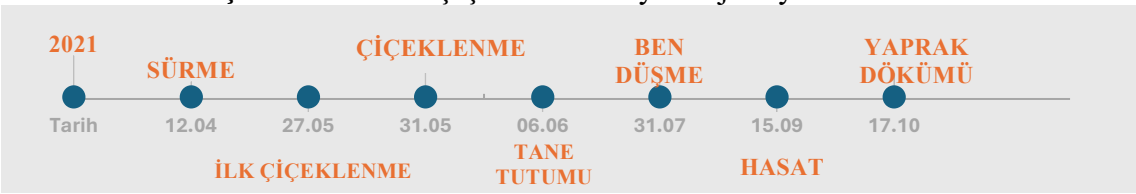
Tablo 1. Bağ toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Doygunluk %	EC mmhos/cm	Tuz (%)	pH	Kireç %	Organik madde %	Yarayışlı fosfor kg P_2O_5/da	Yarayışlı potasyum kg K_2O/da
50 L	0.34	0.01	7.90	11.11	1.64	3.57	68.64

Yaprak alma uygulaması

2021 vejetasyon yılında Narince çeşidine ait fenolik gözlemler Şekil 1. de verilmiştir. Fenolojik tarihlerden yaprak alma ve borik asit uygulama tarihlerinin belirlenmesinde faydalanılmıştır. Sonuç olarak bağda uygulama olarak 3 farklı yaprak alma (kontrol, 3 dönem yaprak alma, 5 dönem yaprak alma) yapılmıştır. 5 dönem yaprak alma çiçeklenme öncesi 3 kez ve çiçeklenme sonrası 2 kez olacak şekilde düzenlenmiştir.

Şekil 1. Narince çeşide ait 2021 yılı vejetasyon tarihleri



Tablo 2. Narince üzüm çeşidinde yaprak almanın yapıldığı tarihler

1.Yaprak Alma	2.Yaprak Alma	3.Yaprak Alma	4. Yaprak Alma	5. Yaprak Alma
07.05.2021	14.05.2021	21.05.2021	07.06.2021	14.06.2021

Borik Asit Uygulaması

Yapraktan uygulanan Borik asit uygulaması 500 mg l^{-1} dozunda, akşam serinliğinde tüm asmayı ıslatacak şekilde ve çiçeklenmeden bir hafta önce 26.05.2021 tarihinde uygulanmıştır. Basit bir şekilde açıklamak gerekirse araştırmada 4 uygulama yapılmıştır;

1. Yaprak toplama yok (Kontrol)
2. Yaprak toplama yok + Borik Asit uygulaması (BA)
3. Çiçeklenme öncesine 3 kez yaprak toplama + BA (3 YA+BA)
4. Çiçeklenme öncesi 3, çiçeklenme sonrası 2 kez yaprak toplama + BA (5 YA+BA)

Salkım – tane özelliklerinin belirlenmesi ve şırada yapılan analizler

Salkım ve tane ağırlıkları (g) dijital terazi (±0.01 g) ile ölçülmüştür. Salkım eni (cm) ve boyu (cm) cetvel, tane eni ve boyunun ölçülmesinde ise dijital kumpas ve tane sertliğinin ölçümünde penetrometre kullanılmıştır (Agrosta® 100, Fransa).

Uygulamalara ait salkımlardan elde edilen şıralarda SÇKM Brix cinsinden dijital refraktometre ile (HI96801), pH ve titrasyon asitliğinin ise masa tipi pH metre (Ohaus ST 3100 F) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Yaprak besin içeriği

Yaprakta yapılacak makro ve mikro bitki besin elementleri analizleri ise, ben düşme döneminde salkımların karşısında gelişmesini tamamlamış yapraklar alınmıştır, saf suda yıkanan yapraklar kurutumuş ve öğütülmüştür. (Aydın ve ark. 2005). Total nitrojen (%) Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Bremner 1965).

Potasyum (%), Magnezyum (%), fosfor (%), kalsiyum (%), demir (ppm), mangan (ppm), çinko (ppm), bakır (ppm) ve bor (ppm) ise ICP-OES ile çoklu element tayini yapılmıştır.

İstatistik

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre yapılmıştır. Uygulamalar 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 6 omca bulundurulmuştur. Veriler SAS paket programına göre analiz yapılıp Duncan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır.

BULGULAR

Farklı seviye de yaprak alma ve Borik asit uygulamalarının salkım özelliklerine etkisi incelendiğinde salkım boyu (cm) üzerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Salkım boyunda en yüksek değer 3 YA+BA (25.983 cm) ve 5 YA+BA (25.947 cm) uygulamalarında ölçülmüştür. En kısa salkım ise kontrol uygulamasında 21.690 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Korkutal ve ark., (2017)'nın Syrah üzüm çeşidinde yaptıkları çalışmada farklı toprak işleme ve yaprak alma uygulamalarının salkım özelliklerindeki etkilerini incelemiş, araştırma sonucunda üzümlerde salkım ağırlığı, salkım eni değerleri incelendiğinde istatistiksel açıdan bir fark görülmediği tespit edilmiştir. Fawzi ve ark., (2014) tarafından Superior Seedless üzüm çeşidi kullanılarak yapılan çalışmada ürenin % 0.1 ve %0.2 borik asit uygulamalarının ve % 0.2 dozundaki aktif maya ile birlikte kombinasyonlarının salkım uzunluğunda artışı sağladığını belirtmiştir. Singh ve Rethy (1996) tarafından yapılan bir çalışmada yapraktan uygulanan borik asit uygulamalarında % 0.1'lik borik asit dozunun üzümlerde verim ve kaliteyi arttırdığı görülmüştür.

Tablo 3. Farklı seviyede yaprak alma ve Borik asit uygulamalarının salkım özelliklerine etkisi

Uygulama	Salkım ağırlığı (g)	Salkım eni (cm)	Salkım boyu (cm)
Kontrol	301.67 A	11.413 A	21.690 B
BA	351.47 A	11.527 A	23.080 AB
3YA+BA	416.73 A	13.887 A	25.983 A
5YA+BA	403.56 A	14.387 A	25.947 A

Narince üzüm çeşidinde farklı seviyede yaprak alma ve borik asitin kombinasyonlarının uygulandığı bu çalışma sonucunda tane özelliklerine ait veriler Tablo 4. verilmiştir. Tüm uygulamaların tane özelliklerine ait parametrelerden sertlik hariç diğer bütün parametrelerde istatistiksel açıdan farklılıklar oluşmuştur ($p<0.05$). Uygulamalar tane ağırlığını kontrole göre (2.1667 g) en yüksek değerleri vermiş olup, en yüksek tane ağırlığı sırasıyla BA (2.5967 g), 3 YA+BA (2.8767 g) ve 5 YA+BA (2.9733 g) olarak tartılmıştır. Tane eni ve boyunda en kısa değer kontrol uygulamasında sırasıyla 13.8733 mm ve 14.0367 mm değerleri ölçülmüştür. BA, 3 YA+BA ve 5 YA+BA uygulamalarında ise en yüksek tane eni (mm) ve tane boyu (mm) uzunlukları ölçülmüştür.

Tablo 4. Farklı seviyede yaprak alma ve Borik asit uygulamalarının tane özelliklerine etkisi

Uygulama	Tane ağırlığı (g)	Tane eni (mm)	Tane boyu (mm)	Sertlik
Kontrol	2.1667B	13.8733B	14.0367B	50.997A
BA	2.5967A	15.0667A	15.8167A	51.583A
3YA+BA	2.8767A	15.4467A	15.9267A	50.747A
5YA+BA	2.9733A	15.4200A	16.4367A	46.207A

Akın ve Alagöz (2018), Kabarcık üzüm çeşidinde yaptıkları çalışmada salkım ucu kesme ve borik asit uygulamalarının üzüm verim ve kalitesine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda 100 tane ağırlığı ve salkım ağırlığı değerlerini arttırmak için yapraktan BA uygulamasının yapılabileceğini bildirmişlerdir. Razakı sofralık üzüm çeşidinde yapılmış farklı kalite arttırıcı uygulamalar (Kontrol, borik asit, sürgün ucu kesme ve kombinasyonları) yapılmış ve bu uygulamaların verim ve verim parametrelerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda tane ağırlığına bakıldığında en yüksek tane ağırlığı değeri 5.04 g K uygulamasından elde edilmiştir. Tane boyu ve tane genişliğine bakıldığında ise sırasıyla en yüksek değer ve yapılan uygulama; 21.82 mm K uygulamasından elde edilirken, 19.58 mm ile 1/3 SUK uygulamasında ölçülmüştür (Çınar, 2016). Akçay (2013) tarafından Merlot üzüm çeşidi üzerinde (*Vitis vinifera* L.) gerçekleştirilen çalışmada yapraktan uygulanan B ve Zn mikro besin elementlerinin şaraplık üzümlerde kalite üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda yapraktan uygulanan B ve Zn mikro elementlerinin tane eni, tane boyu ve tane ağırlığı üzerine etkileri incelendiğinde önemli derecede etkilediği belirtilmiştir.

Narince üzüm çeşidinde farklı seviyede yaprak alma ve borik asitin uygulamarının kombinasyonlarının şıra özelliklerine ait elde edilen veriler tablo 5.'te verilmiştir. Şıra özelliklerine ait tüm parametreler incelendiğinde istatistiki açıdan farklılıklar görülmüştür ($P<0.05$). pH üzerine kontrol uygulamasından elde edilen pH değeri 3.63 iken, Borik asit, yaprak kırımı borik asit uygulamaları yapılan asmalarda ise en yüksek pH BA yapılan uygulamadan 3.67 olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. de SÇKM miktarında kontrol uygulamasından elde edilen değer 22.00 iken, farklı seviyede yaprak alma ve borik asitin kombinasyonlarının uygulandığı asmalarda ise en yüksek SÇKM BA yapılan uygulamadan 22.66 olarak ölçülmüştür

Toplam asit incelendiğinde ise kontrol uygulamasından elde edilen değer 7.15 iken, farklı seviyede yaprak alma ve borik asitin kombinasyonlarının uygulandığı asmalarda ise en yüksek TA 3YA+BA yapılan uygulamadan 8.77 olarak ölçülmüştür.

Üzümlerin hasat olgunluğa geldiğini üzümün kendine has rengini alması, tanenin yumuşaması, kendine has tadının gelmesi, çekirdeklerin kahverengileşmesi ve taneden kolaylıkla ayrılması gibi görsel ayrımlarla birlikte SÇKM ve Toplam asitliğin birbine bölünerek elde edilen olgunluk indisi değeri kimyasal açıdan tanelerin olgunluk aşamasını geldiğini saptamada yardımcı olur. Üzümlerde bu olgunluk indisinin değerinin 20-40 arasında bir değer olması istenir. Çalışmamızda yapılan uygulamaların olgunluk indisinde istatistiki açıdan farklılar oluşturduğu görülmektedir. Borik asit uygulaması, borik asidin şeker birikimi üzerine olumlu etki ettiği literatür bilgileriyle paralel gitmesiyle beraber bu değer olgunluk indisinide etkileyerek en yüksek değeri (42.19) vermiştir. En düşük olgunluk indisi değerini 3YA+ BA uygulamasından elde edilmiştir (29.72) (tablo 5.'te). Yapılan tüm uygulamalar sonucunda ise elde edilen olgunluk indisi değerleri ise yukarıda belirtilen değerler arasında seyretmiştir.

Tablo 5. Farklı seviyede yaprak alma ve Borik asit uygulamalarının şıra özelliklerine etkisi

Uygulama	pH	SÇKM (%)	Toplam Asitlik	Olgunluk indisi
Kontrol	3.63 B	22.00 B	0.536 D	41.02 B
BA	3.67 A	22.66 A	0.537 C	42.13 A
3YA+BA	3.55 D	19.53 D	0.657 B	29.69 D
5YA+BA	3.58 C	20.10 C	0.625 A	32.13 C

Gayretli (2017), Alphonse Lavallée (Vitis vinifera L.) üzüm çeşidinde borik asit, farklı seviyede salkım ucu kesme ve bu uygulamanın kombine edildiği çalışmada pH miktarının kontrole göre en yüksek değerlerin 1/9 salkım ucu kesme+ borik asit uygulamalarında olduğu görülürken, en düşük değerlerin ise 1/3 salkım ucu kesme uygulamalarında olduğu tespit edilmiştir. Titre edilebilir asit miktarında ise, en yüksek değerlerin 1/3 salkım ucu kesme+ borik asit uygulamalarında en az değerlerin ise 1/9 salkım ucu kesme uygulamalarında olduğu tespit edilmiştir. Yaprak alma uygulaması yapılan diğer çalışmalarda da uygulamanın şıradaki SÇKM miktarının arttırdığını bildirmişlerdir (Intrieri ve ark., 2008; Lohitnavy, 2010). Borun, üzüm kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği araştırmada % 0.1-2.0 'lık borik asiti asmalara sprey şeklinde uygulamışlardır ve şeker içeriğinde artış olduğunu görmüşlerdir (Khanduja ve Balasubramanyam, 1974). Aşçı ve ark. (2017) Alphonse Lavallée üzüm çeşidinde borik asit uygulamalarının bazı kalite kriterlerine bakılmıştır. Araştırma sonucunda farklı dönemlerde ve farklı dozlarda uygulanan BA uygulamalarında SÇKM değerleri incelendiğinde kontrole göre önemli ölçüde artış görülmüştür. TA, BA uygulamalarına göre incelendiğinde ise önemli olmadığı görülmüştür.

Farklı seviyede yaprak alma ve borik asit uygulamaları Narince yapraklarının makro element içeriklerini istatistiki açıdan etkilemiştir ($P<0.05$). Makro elementlerden yaprak azot içeriği uygulamalar sonrasında artış göstermiştir. En düşük yaprak N içeriği kontrol uygulamasında %2.21, en yüksek N içeriği ise BA (%2.42) uygulamasında elde edildiği saptanmıştır. En yüksek fosfor konsantrasyonu BA, 3 YA+BA, 5 YA+BA (%0.17) uygulamalarında saptanmıştır. En düşük P konsantrasyonu ise kontrol uygulamasında belirlenmiştir (%0.16).en yüksek Potasyum oranı ise %0.69 ile BA uygulamasında elde edilirken en düşük Potasyum oranı ise % 0.64 ile 3 YA+ BA uygulamasında belirlenmiştir. en yüksek magnezyum konsantrasyonu % 0.47 ile 3 YA+BA uygulamasında belirlenirken en düşük Magnezyum oranı ise % 0.37 ile BA uygulamasında saptanmıştır.

Tablo 6. Yaprak alma ve borik asit uygulamalarının yaprak besin elementi içeriğine etkileri

Makro besin elementleri	***Uygulamalar***			
	Kontrol	**BA**	**3 YA+ BA**	**5 YA+ BA**
N (%)	2.21 D	2.42 A	2.24 C	2.35 B
Fosfor (%)	0.16 B	0.17 A	0.17 A	0.17 A
Potasyum (%)	0.67 B	0.69 A	0.64 D	0.65 C
Magnezyum (%)	0.43 C	0.37 D	0.47 A	0.44 B
Mikro besin elementleri				
Kalsiyum (%)	1.93 C	1.89 D	2.14 B	2.28 A
Demir (ppm)	114.0 B	93.6 D	131.0 A	110.0 C
Mangan (ppm)	143.0 D	185.0 C	270.0 A	248.0 B
Çinko (ppm)	22.51 A	21.22 D	21.23 C	21.50 B
Bakır (ppm)	12.60 B	11.52 C	13.60 A	11.49 D
Bor (ppm)	71.36 B	76.29 A	56.33 C	53.6 D

Farklı seviyede yaprak alma ve borik asit uygulamaları Narince yapraklarının mikro element içeriklerini istatistiki açıdan etkilemiştir (P<0.05). Mikro besin elementlerinden kalsiyum oranında ise en düşük Ca içeriğinin BA uygulamasında (%1.89) en yüksek Ca oranının ise 5 YA+BA uygulamasında (%2.28) belirlenmiştir. Demir konsantrasyonunda ise en düşük değer BA uygulamasında (93.6 ppm) en yüksek değer ise 3 YA+BA (131.0 ppm) uygulamasında saptanmıştır. En yüksek Mangan konsantrasyonu ise 3 YA+ BA uygulamasında (279.0 ppm) en düşük Mangan konsantrasyon ise kontrol uygulamasında (143.0 ppm) belirlenmiştir. Çinko konsantrasyonunda ise en yüksek değer kontrol uygulamasında (22.51 ppm) en düşük değer ise BA uygulamasında (21.22 ppm) elde edilmiştir. En yüksek bakır konsantrasyonu 13.60 ppm ile 3 YA+BA uygulamasında, en düşük Cu konsantrasyonu ise 11.49 ppm ile 5 YA+BA uygulamasında saptanmıştır.

Isabella üzüm çeşidinde gerçekleştirilen bir çalışmada çiçeklenme öncesi ve sonrası şeklinde iki farklı dönemde 4 farklı seviyede (kontrol, % 0.1, 0.2, 0.3) borik asit uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonrasında yaprak besin içeriklerine bakıldığında uygulamaların yaprak besin içeriği etkisi saptanmış olup, genel olarak azot, fosfor, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır ve mangan konsantrasyonu artmıştır. Fakat bu üzüm çeşidine uygulanan borik asitin yaprakların demir ve potasyum konsantrasyonunu düşürdüğü belirlenmiştir (Bilir Ekbiç ve ark., 2018). Güneş ve ark., (2015) Karaerik üzüm çeşidinde 5 farklı dozda (0,1,3,9, 12 kg/da) hem yapraktan hem topraktan yapılan borik asit uygulaması sonucunda N, Ca, Mg, P, K ve Zn değerlerinde artış görülürken Fe, Mn ve Cu içeriklerinde ise azalış görülmüştür. Fawzi ve ark., (2014) 2011 ve 2012 yıllarında Superior Seedless üzüm çeşidinde üre, borik asit ve aktif kuru mayanın ve bunların kombinasyonlarının yapıldığı çalışmada borik asit % 0.1 ve 0.2'lik olacak şekilde yapraktan uygulanmıştır. Çalışma sonucunda asma yaprağındaki % N,P, K içeriklerinin arttığı belirlenmiştir.

SONUÇ

Çalışma sonucunda yaprak alma uygulamaları ile borik asit uygulamasının kombinasyonları özellikle salkım uzunluğu, tane eni- boyu, şıra özellikleri üzerine olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir. Yaprak alma miktarı ve borik asitin uygulama dönemi yapraktaki bitki besin elementlerinin konsantrasyonunu etkilediği görülmektedir. Aşırı yaprak almanın üzüm verim ve kalitesini olumsuz etkilemesi sebebiyle uyguladığımız borik asit dozu özellikle şaraplık üzümlerde istediğimiz SÇKM miktarını ve olgunluk indisini bize sağlamaktadır. Ayrıca uygulanan borik asit ile omcanın kaybettiği bitki besin elementleri optimum seviye de tutulması teşvik edilmiştir. Salamuralık yaprak özelliklerine sahip üzüm çeşitlerinde çevreye dost uygulamalardan biri olan borik asitin yaprak alma yapıldığı takdirde uygulanması asmanın verim ve kalitesini olumlu şekilde etkilediği kanaatine varılmıştır.

Bilgi

Bu çalışma, Nisa Güler'in 'Yemeklik yaprak toplanan asmalarda borik asit uygulamalarının üzüm kalite ve yaprak besin madde içeriğine etkisi' isimli Yüksek Lisans Tezi'nden üretilmiştir

KAYNAKLAR

Ağaoğlu, Y. S., Yazgan, A., & Kara, Z. (1988). Tokat yöresinde yaprak salamuracılığına yönelik asma yetiştiriciliği üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Bağcılık Sempozyumu 31 5-03,6- 1988 Bursa.

Akçay, M. B. 2013. Merlot Üzüm Çeşidinde (*Vitis vinifer*a L.) Farklı Sıklıkta Yapraktan Uygulanan Çinko ve Bor Mikro elementlerinin Şaraplık Üzüm Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Akın, A., & Alağöz, M. (2018). Kabarcık üzüm çeşidinde salkım ucu kesme ve borik asit uygulamalarının üzüm verimi ve kalitesine etkileri. Bahçe, 47 (Özel Sayı 1), 105-110

Anonim, (2013). FAOSTAT İnternet Tarım İstatistikleri. www.fao.org (04.12.2015).

Anonim, (2025). https://www.oiv.int/what-we-do/global-report?oiv

Aşcı, Ö. A., Babalık, Z., Demirci, T., & Baydar, N. G. (2017). Alphonse Lavallée üzüm çeşidinde borik asit uygulamalarının bazı kalite kriterleri üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 12 (2):40-46,Isparta.

Aybaba, Ş. (2010). Gemlik zeytin çeşidinde dal eğme ile birlikte yapraktan bor ve çinko uygulamalarının meyve verimi ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 63 sayfa, Adana.

Ekbic, H. B., Gokdemir, N., & Erdem, H. (2018). Effects of boron on yield, quality and leaf nutrients of Isabella (*Vitis labrusca* L.) grape cultivar. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 17(1), 149-157

Cangi, R., Kaya, C., Kılıç, D., & Yıldız, M. (2005). Tokat yöresinde salamuralık asma yaprak üretimi, hasad ve işlemede karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. 6. Ulusal Bağ. Sem., Bil. kitabı (2005), Cilt:2, 632-640, Tekirdağ, 19-23 Eylül 2005

Cangi, R., Yağcı, A., & Kılıç, D. (2012).Tokat bağcılığının dünü, bugünü ve yarını. Tokat Sem.,1-3 Kasım 2012, Cilt II, sayfa 315-326

Cangi, R., Erdem, H., Acar, İ., Altıncı, N. T., & Kılıç, D. (2017). Farklı azotlu gübre form ve dozlarının narince (*V. Vinifera*) üzüm çeşidinde salamuralık taze asma yaprak verimine etkisi. Turk. J. of Agric.- Food Sci. And Tech., 5(8): 957-963.

Çelik, H. (2013).Türkiye bağcılığında üretim hedefleri. Vizyon 2023 Bağcılık çalıştayı,26-27 Haziran 2013,Tekirdağ

Çınar, Ş. (2016). Razakı sofralık üzüm çeşidinde bazı kalite artırıcı uygulamaların verim ve verim unsurları üzerine etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi., 45

Fawzi, M. I. F., Laila F. Haggag, Shahin, M. F. M., M.A., M. & Genaidy, E. A. E. (2014), Influence of grapevine urea, born, and active dry yeast on grapevine, yield, leaf grapevin composition and fruit quality of "Superior" grapevines grown in sandy soil conditions. , Middle East Journal of Applied Sciences., 4 (3), 740-747.

Gayretli, Y. (2017). Alphonse Lavallée üzüm çeşidinde farklı seviyede salkım ucu kesme ve yapraktan borik asit uygulamalarının verim ve verim unsurları üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.

Göktürk, N., Artık, N., Yavaş, İ., & Fidan, Y. (1997). Bazı üzüm çeşitleri ve asma anacı yapraklarının yaprak konservesi olarak değerlendirilme olanakları üzerinde bir araştırma. Gıda, 22(1):15-23

Gupta, U. C. (1993). Boron and its role in crop production. Crc press, Boca Raton, in America, 237.

Güneş, A., Köse, C., & Turan, M. (2015). Yield and mineral composition of grapevine (*Vitis vinifera* L. Cv. Karaerik) as affected by boron management., Turk J Agric For 39: 742-752 © TÜBİTAK DOI:10.3906/tar-1412-1

Intrieri, C., Filippetti, I., Centinari, M., & Poni, S., 2008. Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in sangiovese (*Vitis vinifera* L.). Australian Journal of Grape and Wine Research 14(1): 25-32.

Karamürsel, 2009

Kasap, Y. (2012). Bağcılık ve Gübreleme, İstanbul, Ravza Yayınları, p. 232.

Khanduja, S.D., & Balasubramanyam, V.R. (1974). Boron for quality grapes. 19(1): 9-10.

Korkutal, İ., Bahar, E., & Bayram, S. (2017). Farklı toprak işleme ve yaprak alma uygulamalarının Syrah üzüm çeşidinde su stresi, salkım ve tane özellikleri üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54(4), 397-407.

Lohitnavy, N., Bastian, S. & Collins, C. (2010). Berry sensory attributes correlate with compositional changes under different viticultural management of Semillon (*Vitis vinifera* L.). Food Quality and Preference 21(7): 711-719.

Ribereau, G. J., & Reynold, E. (1971). Science et Techniques de la Vigne. Tome 1., Biologie de la Vigne. Sols de Vignobles. Ed. Dunod. Paris. Slavin, W.,1968. Atomic Absorption Spectroscopy.Interscience Publish. NewYork. London-Sydney.

Sat, I. G., Şengül, M. & Keleş, F. (2002). Use of grape leaves in canned food. Pak. Journal of Nutrition 1(6): 257-262.

Semerci, A., Kızıltuğ, T., Çelik, A. D., & Kiracı, M. A. (2015). Türkiye bağcılığının genel durumu. MKU Ziraat Fak Der, 20 (2): 45-51.

Semerci, G., & Cangi, R. (2020). Asma fidanlık parselinden toplanan yemeklik yapraklarda verim ve yaprak özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım - Gıda Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, *8*(3), 538–546. https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i3.538-546.2866

Sing, B., & Rethy, P. 1996. Response of varying concentrations of boron in yield and quality of grapes (*Vitis vinifera* L.). Department of Horticulture, North Eastern Regional Institute of Science and Tecnology, Itanagar, Arunachal Pradesh, India. (5): 9-12.

Tuik, 2022. https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1

Uygan, D., & Çetin, Ö. (2004). Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri: Seydisuyu su toplama havzası. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 527-540 sayfa.

Ünal, M. S., Sağlam, H., & Kırkaya, H. (2019). Şırnak ili idil ilçesinde yetiştirilen mahalli üzüm çeşitlerinin değerlendirilme şekilleri. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 8(1), 158-162.

Ünver, A., Ozcan, M., Arslan, D., & Akin, A.(2007). The lactic acid fermentation of three different grape leaves grown in Turkey. J.of food process ing and preservation,31(1):73-82.

Williams, C., Maier, N., & Bartlett, L., 2005, Effect of molybdenum foliar grapev on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of "Merlot" grapevines. Journal of Plant Nutrition, 27 (11), 1891-1916.

Yağcı, A., & Odabaş, F. (2002). Tokat yöresinde yeni bağcılığa geçişte karşılaşılan sorunlar. Türkiye V. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu, 5-9 Ekim Nevşehir. 422-427. S.

Yağcı, A., Cangi, R., Topçu, N., Sucu, S. & Kılıç, D. (2013). Tokat'ta kırsal kalkınmaya alternatif üretim modeli "yüksek rakımlı bölgelerde organik salamuralık asma yaprak üretimi". Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tokat İl Müdürlüğü, s: 559- 566.

Yağmur, B., Aydın, Ş., & Çoban, H. (2005) Bağda yapraktan demir (Fe) uygulamalarının yaprak besin element içeriklerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42 (3), 135-145.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

SOSYODEMOGRAFİK ÖZELLİKLER VE İNSAN İLİŞKİLERİNİN BESLENME ALIŞKANLIKLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0000-0003-3258-3848

Aybike YILMAZ TEKİN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0009-0007-9673-5165

ÖZET
Bu çalışma, Konya ili Beyşehir ilçesinde yaşayan yetişkinlerin beslenme alışkanlıkları üzerinde sosyo-demografik (cinsiyet, yaş, eğitim), çevresel (sosyal çevre, medya) ve bireysel (duygusal durumlar) etkenlerin yanı sıra besin ve öğün tüketim sıklıklarının etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Kesitsel tasarıma sahip araştırmada 200 katılımcıdan anket yöntemiyle veri toplanmış; öğün düzeni ve atlama davranışları, ana/ara öğün tercihleri, besin ve içecek tüketim sıklıkları ile fast-food ve paketli ürün tüketimi değerlendirilmiştir. Bulgular, erkeklerin beslenme durumlarını kadınlara kıyasla daha olumlu değerlendirdiklerini; buna karşın kadınların daha yüksek düzeyde ara öğün tükettiğini ve öğün atlama eğiliminin kadınlarda belirgin olduğunu göstermektedir. Katılımcıların en sık atladıkları öğünlerin kahvaltı ve öğle olduğu, akşam öğününün ise daha düzenli tüketildiği saptanmıştır. Kahvaltıda ekmek, yumurta ve peynir tüketiminin öne çıktığı; süt, sebze ve meyve tüketiminin ise yetersiz kaldığı görülmüştür. Günlük içecek tercihlerinde çay ve kahvenin yaygın, süt ve bitki çayının sınırlı olduğu; fast-food ve paketli ürünlerin her iki cinsiyette de tüketildiği, ancak kadınların seçimlerinde daha seçici davrandığı belirlenmiştir. Duygusal durumların beslenme davranışlarını anlamlı biçimde etkilediği; kadınların üzüntü ve yorgunlukta daha fazla yeme eğilimi gösterirken, erkeklerde iştah azalmasının daha sık görüldüğü dikkati çekmiştir. Sonuçlar, sağlıklı beslenme davranışlarının geliştirilmesi için özellikle kahvaltı ve öğle öğünlerinin düzenlenmesi, sebze-meyve ve süt ürünlerinin öğünlere entegrasyonu, duygusal yeme farkındalığının artırılması ve medya okuryazarlığını kapsayan toplum temelli programların gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bulgular, yerel düzeyde hedeflenmiş eğitim ve çevresel düzenlemelerle desteklendiğinde sürdürülebilir iyileşmeler sağlayabilir.
Anahtar Kelimeler: beslenme alışkanlıkları, öğün sıklığı, besin tüketimi, duygusal yeme, sosyo-demografik faktörler, toplum beslenmesi, sağlıklı beslenme

SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND THEIR EFFECTS ON NUTRITIONAL HABITS IN HUMAN RELATIONSHIPS

ABSTRACT
This study aimed to examine the effects of socio-demographic (gender, age, education), environmental (social environment, media), and individual (emotional states) factors, as well as food and meal consumption frequencies, on the dietary habits of adults living in Beyşehir, Konya. In this cross-sectional study, data were collected from 200 participants using a questionnaire; meal patterns and skipping behaviors, main and snack meal preferences, food and beverage consumption frequencies, and fast-food and packaged food consumption were evaluated.

The findings revealed that men rated their nutritional status more positively than women, whereas women consumed snacks more frequently and exhibited a higher tendency to skip meals. Breakfast and lunch were identified as the most frequently skipped meals, while dinner was consumed more regularly. At breakfast, bread, eggs, and cheese were the most commonly consumed foods, while the intake of milk, fruits, and vegetables remained insufficient. Daily beverage preferences indicated that tea and coffee were widely consumed, whereas milk and herbal teas were limited. Fast-food and packaged products were consumed by both genders, though women displayed greater selectivity in these choices. Emotional states significantly influenced eating behaviors; women tended to eat more during sadness and fatigue, whereas men more frequently reported loss of appetite in such situations. The results emphasize the need to promote healthier dietary behaviors, particularly by improving the regularity of breakfast and lunch, increasing the inclusion of fruits, vegetables, and dairy products in meals, raising awareness of emotional eating, and enhancing media literacy through community-based programs. These findings highlight the importance of targeted educational strategies and environmental interventions to achieve sustainable improvements in public nutrition.
Keywords: dietary habits, meal frequency, food consumption, emotional eating, socio-demographic factors, community nutrition, healthy eating

GİRİŞ

İnsanların davranış biçimlerinin oluşmasında çevresel faktörler oldukça önemlidir. Bir insanın çevresinde canlı ve cansız birçok faktör vardır. Tüm faktörler ekosistem olarak tanımlanabilir. Henüz doğmuş bir bebeğin hayatı ile ilgili temel oluşumlar çevresi ile etkileşimle başlamaktadır. Duydukları ve gördükleri ile hayata dair ilk öğrenimleri başlamaktadır. Yaşı ilerledikçe duydukları kelimelerle konuşmayı öğrenirken konuşma tarzı ve aksanı çevredeki insanlarınkine göre şekillenir. Nitekim küçük yaşlarda bulunduğu çevrenin şartlarındaki beslenme alışkanlıkları belki bir ömür boyu devam edebilir. İnsan her yaşta her türlü alışkanlığı çevreden etkilenerek edinebilir. Bu etkileşimlerin beslenme üzerine olması oldukça yoğundur. (Satır, Çelik ve Kemhacıoğlu, 2017) Adolesanlar üzerinde yapılan bir çalışmada bireylerin yeme davranışları ve besin seçimlerini çevresel ve bireysel faktörlerin etkilediği gözlemlenmiştir. Örneğin çocuklarda fast-food tarzda besinlerin tüketilmesinde arkadaş çevresi ile geçirilen zaman ve besin endüstrisindeki gelişmeler sonucu üretilen besinlerin etki ettiği saptanmıştır. (Kabaran ve Mercangil, 2013)

Çevresel etkileşimde eğitim en belirleyici faktördür. Gerek bir insanın doğup büyüdüğü ailenin eğitim seviyesi ve beslenme alışkanlıkları hakkındaki bilgi düzeyi gerekse bireyin eğitim düzeyi oldukça belirleyicidir. Liseli öğrenciler ile yapılan bir çalışmada öğrencilere verilen beslenme eğitiminin beslenme bilgi düzeylerinde önemli bir artışa sebep olduğu görülmüştür ancak beslenme alışkanlıkları üzerinde istenilen etkiyi sağlayamamıştır. (Sarıdağ Devran ve Saka, 2019) Nitekim beslenme alışkanlıklarında çevrenin etkisi ile çevrenin şartları ve yaşanılan bölgede erişilebilen gıda ürünlerinin niteliği ve niceliği önemlidir. Üniversite öğrencileri üzerinde yapılan bir çalışmada, öğrencilerin yemeklerini tercih ederken temiz bir ortamda pişirilmesine ve servis edilmesine dikkat ettikleri gözlemlenmiştir. Bu da bireyler için tüketilecek gıdaların sadece nicelik olarak değil nitelik olarak da önemli olduğunu göstermektedir. (Yilmaz ve Özkan, 2009)

Beslenme alışkanlıklarını etkileyen çevresel ve bireysel faktörler, yaşam şekli ile çift yönlü bir etkileşime sahiptir. Yaşam şekli çevresel ve bireysel faktörleri, çevresel ve bireysel faktörler ise yaşam şeklini etkilemektedir. Yaşam şekli bireylerin bireysel besin tercihlerinden de etkilenmektedir. Hem yaşam şekli hem de bireysel besin tercihleri ise beslenme durumunu belirlemektedir.

(Girgin ve Uzun, 2022) Örneğin deniz kenarında su ürünleri tüketimi fazla olmakla birlikte beslenme alışkanlıkları genellikle bunun üzerine yoğunlaşır. Rize ilinde yapılan bir araştırmaya göre kişi başına balık tüketim miktarı 20,1 kg olarak bulunmuştur ki bu da Türkiye'deki balık tüketim ortalamasının yaklaşık üç katına denktir. (Temel ve Uzundumlu, 2015) Aynı şekilde hayvansal üretimin yoğun olduğu bölgelerde et tüketimi fazla olacaktır. Ancak günümüzde lojistik sistemlerinin gelişmesi ile gıdanın üretildiği bölgelerin çok daha ötesinde erişebilme özelliğine kavuştuğu bilinmektedir. Lojistik işlemlerinin işletme(gıda perakende) performansı üzerinde anlamlı ve olumlu bir etkisi vardır. (Küçük, Taner ve Küçük, 2018)

İçerisinde bulunduğumuz zamanda teknolojinin baş döndürücü hızı ve gıdaya görsel olarak erişimin kolay olması etkilenme faktörlerinin yoğunluğunu değiştirmektedir. Televizyonlarda, sosyal medyada vb. yerlerde karşımıza çıkan reklamlar, tüketicinin düşünce ve alışkanlıkları üzerine etki etmekte ve bireyi, tanıtımı yapılan ürünü satın alma yönünde harekete geçirmektedir. Son yıllarda sayısı oldukça artan reklamlar özellikle çocukları ve gençleri hedeflemekte ve tatlı, çikolata, hamburger vb. tarzı fastfood yiyeceklere tüketime yöneltmektedir. Bu durum da çocuklardaki olumsuz beslenme alışkanlıklarının oluşmasına sebep olmaktadır. (Günlü ve Önay Derin, 2012)

Teknolojinin sunmuş olduğu sosyal medya ve diğer ortamlarda da bireyler genellikle etkileşimde olduğu insanlarla bir aradadırlar. Diğer bir ifadeyle sanal olarak etkileşim içerisindedirler. Bilindiği gibi birçok sosyal medya platformu vardır. Bu platformlar bireylerin kendi hesabıyla kullanılabilmekte ve etkileşimde oldukları insanları belirleyebilmektedirler. Bu ortamlarda insanların kendi etkileşimde oldukları çevre içerisinde yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda, özellikle kadınlar ve çocuklar başta olmak üzere tüketicilerin reklamlardan ve diğer medya kaynaklarından etkilendiği saptanmıştır. Kadınların birçoğunun medya üzerinden sağlıklı beslenme ile ilgili konuları takip ettikleri, kendisinin ve ailesinin besin seçimlerinde bu mecralardan elde ettikleri bilgiler doğrultusunda hareket ettikleri görülmüştür. Ayrıca kadınlar toplumumuzda yiyecek alışverişi, tüketilecek besinlerin seçilmesi gibi pek çok konuda daha etkili oldukları için sosyal medya üzerinden edindiği bilgiler doğrultusunda hareket etmesi aile bireylerinin beslenme alışkanlıkları üzerinde değişikliklere sebep olabilmektedir. (Oran, Toz, Küçük ve Uçar, 2017)

Bireylerin beslenme alışkanlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve çevresindeki insanlardan etkilenme düzeyinin belirlenmesi önemlidir. Nitekim toplum sağlığının yönetilmesi ve yönlendirilmesi için önemli olmakla birlikte gıda arz güvenliği açısından gıdanın erişebilirliğinin sağlanmasına yönelik politika geliştirmek için de önemlidir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında bireylerin beslenme alışkanlıkları üzerinde sosyodemografik özelliklerin, bulunduğu çevredeki insanların nitel özelliklerinin ve bunların beslenme alışkanlıkları üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Bölgesi ve Katılımcılar

Araştırma, Türkiye'nin Konya iline bağlı Beyşehir ilçesinde gerçekleştirilmiştir. İlçedeki 10 farklı mahalle belirlenmiştir. Araştırma kapsamında Beyşehir ilçesinin 10 farklı mahallesinden ve her bir mahalleden rastgele seçilen 20 kişi olmak şartıyla 200 katılımcıya anket uygulanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırma verileri, yazarlar tarafından tasarlanan bir anket formu kullanılarak toplanmıştır. Ankette, katılımcıların hane halkıyla ilgili sorular, genel bilgileri öğrenmek için sorulan sorular, Likert ölçeği ile ölçülen sorular ve tüketim alışkanlıklarını belirlemek için tüketim sıklık tabloları yer almaktadır.

Veri Toplama Süreci

Öncelikle, Beyşehir ilçesinin 10 farklı mahallesinden rastgele seçilen katılımcılar belirlenmiştir. Ardından, belirlenen katılımcılara bireysel görüşme veya ev ziyareti yoluyla anketler uygulanmıştır. Katılımcılardan elde edilen veriler, gizlilik ve gizliliği sağlamak için gerekli önlemler alınarak toplanmıştır.

Veri Analizi

Toplanan veriler, tanımlayıcı istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Ankette yer alan Likert ölçeği soruları ve tüketim alışkanlıklarını belirlemek için sıklık tabloları, uygun istatistiksel tekniklerle değerlendirilmiştir. Analizler, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) veya benzeri istatistiksel yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Etik İlkeler

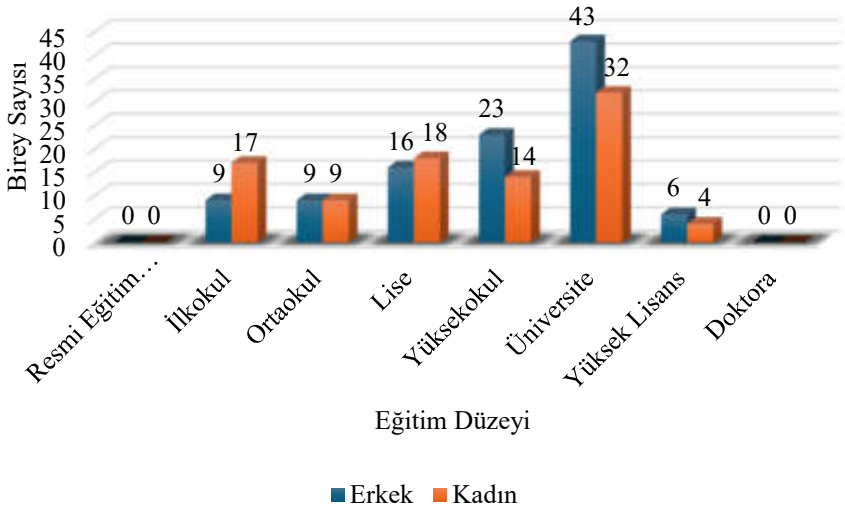
Araştırma, insan katılımcılarla yapılan araştırmalarda etik kuralların ve standartların gerektirdiği şekilde yürütülmüştür. Katılımcılardan alınan verilerin gizliliği ve mahremiyeti korunmuştur. Araştırma, Konya Selçuk Üniversitesi Etik Kurulu onayı (protokol numarası ve tarih) altında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, katılımcıların onayı alınmış ve gönüllülük esasına dayalı olarak katılmışlardır. Her katılımcı, araştırma hakkında bilgilendirilmiş ve gönüllü katılım konusunda açık bir onay vermiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Ankete katılan kişi sayısı 200 olup bunun 106'sı erkek, 94'ü kadındır. Katılımcıların %47'sinin kadın, %53'ünün ise erkek olduğu görülmektedir.

Grafik 1. Eğitim Düzeyi



Ankete katılan bireylerin eğitim durumlarına bakıldığında Resmi eğitim almayan ve Doktora eğitim düzeyine sahip birey olmadığı görülmektedir. İlkokul eğitim düzeyine sahip erkek birey sayısı 9, kadın birey sayısı 17'dir. Ortaokul eğitim düzeyine sahip birey sayısı her iki cinsiyet için de aynı olup 9 kişidir. Lise eğitim düzeyine sahip birey sayıları birbirine oldukça yakın olmakla birlikte 16 erkek, 18 kadın birey olduğu görülmektedir. Yüksekokul eğitim düzeyine sahip birey sayısı erkeklerde kadınlara göre daha fazla olup 24 kişidir. Kadınlarda ise bu sayı 14'tür. Üniversite eğitim düzeyine sahip birey sayılarının diğer eğitim düzeylerinden yüksek olduğu görülmekte ve erkeklerde 43 kişi kadınlarda ise 32 kişidir. Yüksek lisans eğitim düzeyine sahip birey sayıları birbirine yakın olmakla birlikte 6 erkek, 4 kadın olarak gösterilmiştir. (Grafik 1.)

Ankete katılan bireylerin medeni durumu incelendiğinde her iki cinsiyette de evli olan birey sayısının daha fazla olduğu görülmektedir (88 erkek, 57 kadın). Erkeklerde evli birey sayısı kadınlardan daha fazlayken bekar birey sayısı tam tersi olarak kadın bireylerde daha fazladır. (14 erkek, 29 kadın) Dul/eşi ölmüş birey sayısı her iki cinsiyette de aynıdır (4 kişi). Erkeklerde boşanmış birey bulunmazken kadınlarda 4 kişinin boşanmış olduğu görülmektedir. Ankete katılan bireylerin yaş ortalamasına bakıldığında tüm bireylerde ortalama yaş 40,4 olurken; kadınlarda 36,5, erkeklerde ise 43,6 olarak hesaplanmıştır.

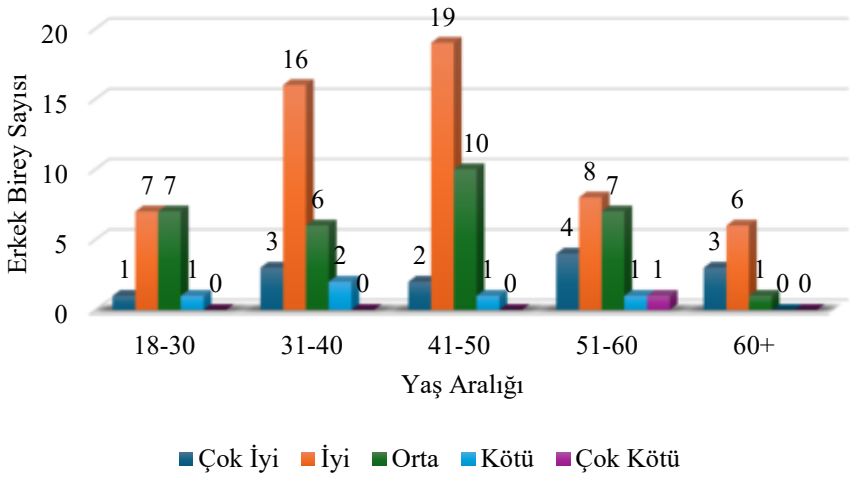
Tablo 1. Cinsiyete göre beslenme durumu değerlendirmesi

	Beslenme Durumu					
Cinsiyet	Çok iyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü	Genel Toplam
E	13(%12,3)	56(%52,8)	31(%29,2)	5(%4,7)	1(%0,9)	106
K	7(%7,4)	42(%44,7)	36(%38,3)	9(%9,6)		94
Genel Toplam	20	98	67	13	1	200

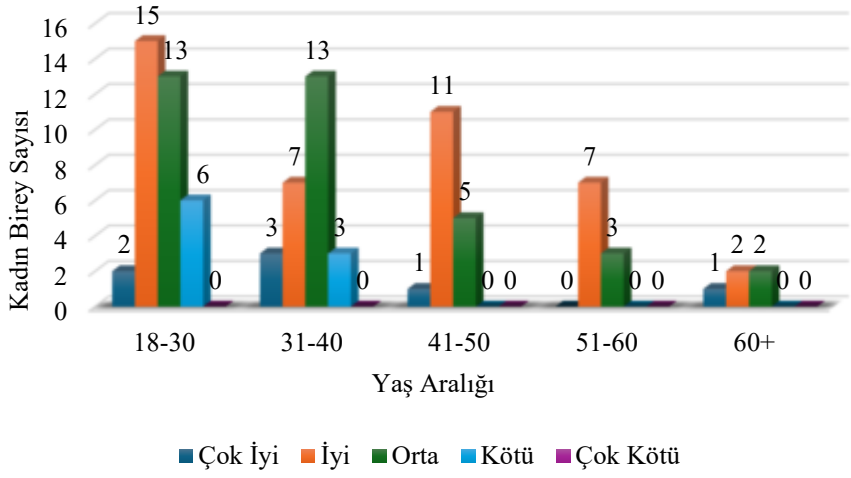
Erkek bireylerin %12,3'ü beslenmesini 'çok iyi', %52,8'i 'iyi', %29,2'si 'orta', %4,7'si 'kötü', %0,9'u ise 'çok kötü' olarak değerlendirmiştir. Kadın bireylerde ise %7,4'ü 'çok iyi', %44,7'si 'iyi', %38,3'ü 'orta', %9,6'sı 'kötü' olarak değerlendirmiştir. 'Çok kötü' diyen kadın yoktur.

Sonuç olarak, erkekler kadınlara kıyasla beslenme durumlarını daha olumlu değerlendirmektedir. Kadınlarda ise 'orta' ve 'kötü' değerlendirmesi oranı daha yüksektir.

Grafik 2. Erkek Bireylerin Yaşa Göre Beslenme Durumu



Grafik 3. Kadın Bireylerin Yaşa Göre Beslenme Durumu



Ankete katılan bireylerin beslenme durumları cinsiyet ve belirli yaş aralıklarına göre incelenmiştir.

Erkeklerde 18-30 yaş aralığındaki bireylerde (16 kişi) beslenme durumlarını iyi ve orta olarak değerlendiren kişi sayısı daha fazladır. 31-40 yaş aralığındaki bireylerin %53,3'ü beslenme durumunu iyi olarak değerlendirmiştir. 41-50 yaş aralığındaki bireylerin %59,4'ü beslenme durumunu iyi olarak değerlendirmiştir. 51-60 yaş aralığındaki bireylerde ise %38,1'i beslenme durumunu iyi olarak, %33,3'ü ise orta olarak değerlendirmiştir. Diğer yaş gruplarında beslenme durumunu çok kötü olarak değerlendiren birey olmamasına rağmen 51-60 yaş aralığındaki bireylerin %4,8'i(1 kişi) beslenme durumunu çok kötü olarak değerlendirmiştir. 60 yaş üzeri bireylerin %60'ı beslenme durumunu iyi olarak değerlendirmiştir.

Kadınlarda 18-30 yaş aralığındaki bireylerde (36 kişi) beslenme durumlarını iyi(%41,7) ve orta(%36,1) olarak değerlendiren kişi sayısı daha fazladır. 31-40 yaş aralığındaki bireylerin %50'si beslenme durumunu orta olarak değerlendirmiştir. 41-50 yaş aralığındaki bireylerin %64,7'si beslenme durumunu iyi olarak değerlendirmiştir. 51-60 yaş aralığındaki bireylerde ise %70'i beslenme durumunu iyi olarak, %30'u ise orta olarak değerlendirmiştir. 60 yaş üzeri bireylerin %40'ı beslenme durumunu iyi, %40'ı orta olarak değerlendirmiştir. Yaş gruplarının hiçbirinde çok kötü beslendiğini düşünen birey bulunmamaktadır. 41-50, 51-60 ve 60 yaş üzeri bireylerde aynı zamanda kötü beslendiğini düşünen birey de yoktur.

Tablo 2. Cinsiyete göre günlük ana/ara öğün sayısı

	Ana Öğün Sayısı			
Cinsiyet	1	2	3	Genel Toplam
E	1(%0,9)	52(%49,1)	53(%50)	106
K	3(%3,2)	47(%50)	44(%46,8)	94
Genel Toplam	4	99	97	200

	Ara Öğün Sayısı					
Cinsiyet	0	1	2	3	4	Genel Toplam
E	43(%40,6)	40(%37,7)	19(%17,9)	4(%3,8)		106
K	23(%24,5)	29(%30,9)	36(%38,3)	5(%5,3)	1(%1,1)	94
Genel Toplam	66	69	55	9	1	200

Erkeklerin %50'si günde 3 ana öğün tükettiğini belirtirken, %49,1'i 2 öğün, sadece %0,9'u 1 öğün tükettiğini belirtmiştir. Kadınlarda bu oranlar sırasıyla %46,8 (3 öğün), %50 (2 öğün), ve %3,2 (1 öğün) şeklindedir. Bu durum kadın ve erkek bireylerde günde 1 ana öğün tüketen birey sayısının oldukça az olduğunu ve genelde 2 veya 3 ana öğün tercih edildiğini göstermektedir.
Erkeklerin %40,6'sı hiç ara öğün tüketmediğini belirtirken, %37,7'si 1 ara öğün, %17,9'u 2 ara öğün, %3,8'i ise 3 ara öğün tüketmektedir ve 4 ara öğün tüketen birey yoktur. Kadınlarda hiç ara öğün tüketmeyenlerin oranı %24,5 olup, %30,9'u 1 ara öğün, %38,3'ü 2 ara öğün, %5,3'ü 3 ara öğün ve %1,1'i ise 4 ara öğün tükettiğini belirtmiştir. Ayrıca tabloya bakılarak erkeklerde ara öğün tüketme alışkanlığının kadınlardan daha az olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 3. Cinsiyete göre ana öğün atlama durumu

	Ana Öğün Atlama Durumu			
Cinsiyet	Evet	Hayır	Bazen	Genel Toplam
E	35(%33)	41(%38,7)	30(%28,3)	106
K	39(%41,5)	33(%35,1)	22(%23,4)	94
Genel Toplam	74	74	52	200

Erkeklerin %33'ü ana öğün atlarken, %38,7'si atlamadığını, %28,3'ü ise bazen atlattığını belirtmiştir. Kadınlarda %41,5'i ana öğün atlarken, %35,1'i atlamadığını, %23,4'lük bir kesim ise bazen atladığını ifade etmiştir.
Kadınların ana öğün atlama oranı erkeklere kıyasla daha yüksektir.

Tablo 4. Cinsiyete göre atlanılan ana öğün

	Atlanılan Ana Öğün			
Cinsiyet	Sabah	Öğle	Akşam	Genel Toplam
E	27(%25,5)	42(%39,6)	2(%3,8)	71
K	36(%38,3)	24(37,5)	4(%12,5)	64
Genel Toplam	63	66	6	135

Erkeklerde en çok atlanan öğün %25,5 ile sabah kahvaltısıdır. Öğle öğünü %39,6 ile en çok atlanan öğün olurken, akşam öğünü %3,8 oranla en az atlanmaktadır. Kadınlarda ise sabah öğünü %38,3 ile öne çıkmaktadır.
Her iki cinsiyet de genellikle sabah ve öğle öğünlerini atlamaktadır, akşam öğünleri ise daha düzenli tüketilmektedir.

Tablo 5. Cinsiyete göre öğün atlama sebebi

	Öğün Atlama Sebebi					
Cinsiyet	Canım İstemiyor	Zamanım Yok	Maddi Sebepler	Sağlık Sorunları	Diğer	Genel Toplam
E	25(%23,6)	24(%22,6)	2	3	17(%16)	71
K	29(%30,9)	18(%19,1)	0	4(%14,8)	13(%16)	64
Genel Toplam	54	42	2	7	30	135

Erkeklerin öğün atlama nedenleri incelendiğinde en büyük oran %23,6 ile ‘canım istemiyor’ yanıtı olurken %22,6 ile ‘zamanım yok’ ve %16,0 ile ‘diğer sebepler’ takip etmektedir. ‘Sağlık sorunları’ ve ‘maddi sebepler’ daha düşük oranlara sahiptir (%2–3 civarında).
Kadınlarda ise %30,9’u ‘canım istemiyor’, %19,1’i ‘zamanım yok’, %16,0’ı ‘diğer sebepler’ ve %14,8’i ‘sağlık sorunları’ nedeniyle öğün atladığını belirtmiştir. Maddi sebepler sebebiyle öğün atlayan kadın bulunmamaktadır.
Sonuç olarak, her iki cinsiyette de en yaygın öğün atlama sebebi ‘isteksizliktir’. Ancak kadınlarda sağlık sorunları nedeniyle öğün atlama erkeklere göre daha yaygındır. Bu, kadınların daha duygusal veya sağlık merkezli yeme davranışları gösterebildiğini düşündürebilir.

Tablo 6. Cinsiyete göre Ana ve ara öğünler dışında besin tüketimi yapma durumu

	Ana ve ara öğünler dışında besin tüketimi		
Cinsiyet	Evet	Hayır	Genel Toplam
E	63(%59,4)	43(%40,6)	106
K	62(%66)	32(%34)	94
Genel Toplam	125	75	200

Her iki cinsiyette de ana/ara öğün dışında besin tüketen bireylerin oranı oldukça yüksektir: Erkeklerde %59,4, kadınlarda %66,0.
Kadınların ana ve ara öğün dışındaki zamanlarda besin tüketme oranı erkeklere göre biraz daha fazladır. Bu da atıştırma ya da kontrolsüz yeme alışkanlıklarının kadınlarda daha belirgin olabileceğini gösterebilir.

Tablo 7. Öğün dışı tüketilen besin türü

	Öğün dışı tüketilen besin türü					
Cinsiyet	Paketli Yiyecekler	Hamur İşleri	Tatlılar	Çikolata	Tüketmiyorum	Genel Toplam
E	23(%21,7)	17(%16)	16(%15,1)	10(%9,4)	40(%37,7)	106
K	25(%26,6)	20(21,3)	7	11(11,7)	31(%33)	94
Genel Toplam	48	37	23	21	71	200

Erkeklerde en yaygın öğün dışı tüketim türü %37,7 ile "tüketmiyorum" yanıtıdır. Bunu paketli yiyecekler (%21,7) ve hamur işi (%16) ve takip etmektedir.
Kadınlarda ise %33,0'u "tüketmiyorum" derken, paketli yiyecekler (%23,4), hamur işleri (%21,3) ve çikolata (%11,7) ön plana çıkmaktadır.
Kadın ve erkekler öğün dışında genelde paketli yiyecekler ve hamur işlerini tüketmeyi tercih etmektedir. Bu besinlerin kolay ulaşılabilir olması bu durum üzerinde etkili olabilir.

Tablo 8. Üzüntülü-Yorgun hissetmenin beslenme alışkanlıkları üzerine etkisi

	Üzüntülü-Yorgun hissetmenin beslenme alışkanlıkları üzerine etkisi				
Cinsiyet	Hiç yemek yiyemem	Her zamankinden daha az yerim	Her zamankinden daha çok yerim	Yemek yememde değişiklik olmaz	Genel Toplam
E	19(%17,9)	50(%47,2)	14(%13,2)	23(%21,7)	106
K	17(%18,1)	28(%29,8)	31(%33)	18(%19,1)	94
Genel Toplam	36	78	45	41	200

Erkeklerin %47,2'si üzüntü/yorgunlukta daha az yediğini, %13,2'si daha çok yediğini, %17,9'u ise hiç yeme isteği duymadığını belirtmiştir.
Kadınlarda ise %33'ü daha çok yediğini, %29,8'i daha az yediğini, %18,1'i ise hiç yeme isteği olmadığını belirtmiştir.
Her iki cinsiyette de olumsuz duygusal durumlar yeme davranışını olumsuz etkilerken (daha az yemek yeme eğilimi) katılımcıların bir kısmında olumsuz duygusal durumların yeme davranışları üzerinde herhangi bir etkiye sebep olmadığı görülmektedir. (Erkeklerin %21,7'si, kadınların %19,1'i)

Tablo 9. Sevinçli-heyecanlı hissetmenin beslenme alışkanlıkları üzerine etkisi

	Sevinçli-heyecanlı hissetmenin beslenme alışkanlıkları üzerine etkisi				
	Hiç yemek yiyemem	Her zamankinden daha az yerim	Her zamankinden daha çok yerim	Yemek yememde değişiklik olmaz	Genel Toplam
E	2(%1,9)	16(%15,1)	31(%29,2)	57(%53,8)	106
K	5(%5,3)	14(%14,9)	35(%42,4)	40(%42,6)	94
Genel Toplam	7	30	66	97	200

Kadınlarda %42,6'sı yemek yemelerinde bir değişiklik olmadığını, %42,4'ü daha çok yediğini ve %14,9'u daha az yediğini belirtirken; erkeklerin %53,8'i 'yemek düzenim değişmez' demiştir.
Kadınlar olumlu duygularda da yemek yeme miktarını artırma eğilimindedir. Erkekler ise olumlu duygularla beslenme davranışlarında büyük bir değişim göstermemektedir.

Tablo 10. Cinsiyete göre fastfood tüketme sıklığı

	Fastfood tüketme sıklığı						
Cinsiyet	Haftada 2-3 kez	Haftada 1 kez	Ayda 1-2 kez	3-4 ayda 1 kez	Yılda 1-2 kez	Hiç tüketmem	Genel Toplam
E	14 (%13,2)	26 (%24,5)	33 (%31,1)	10 (%9,4)	8 (%7,5)	15 (%14,2)	106
K	13 (%13,8)	27 (%28,7)	27 (%28,7)	9 (%9,6)	3 (%3,2)	15 (%15,6)	94
Genel Toplam	27	53	60	19	11	30	200

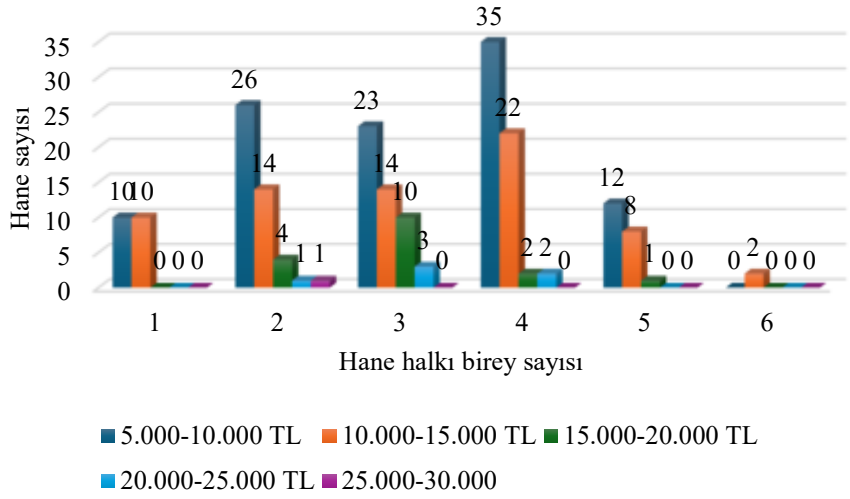
Erkeklerde en sık görülen fastfood tüketimi haftada 1 kez ve haftada 2–3 kez (%13,2+%24,5=%37,7) olmak üzere haftalık tüketimin daha yüksek olduğu görülmektedir. Kadınlarda ise ayda 1–2 kez ve haftada 1 kez (%28,7) fastfood tüketen birey sayısı aynı olmakla birlikte en yüksek orana sahiptir.
Erkeklerde daha sık fastfood tüketimi görülürken, kadınlarda daha seyrek ama düzenli tüketim eğilimi vardır. Erkekler daha alışkanlık temelli, kadınlar ise daha kontrollü tüketime yönelmiş olabilir.

Tablo 11. Cinsiyete göre aylık gıda için ayrılan tahmini bütçe miktarı (hane halkı)

	Aylık gıda için ayrılan tahmini bütçe miktarı(hane halkı)					
	5000-10000 TL	10000-15000 TL	15000-20000 TL	20000-25000 TL	25000-30000 TL	Genel Toplam
E	53(%50)	38(%35,8)	11(%10,4)	3(%2,8)	1(%0,9)	106
K	53(%56,4)	32(%34)	6(%6,4)	3(%3,2)		94
Genel Toplam	106	70	17	6	1	200

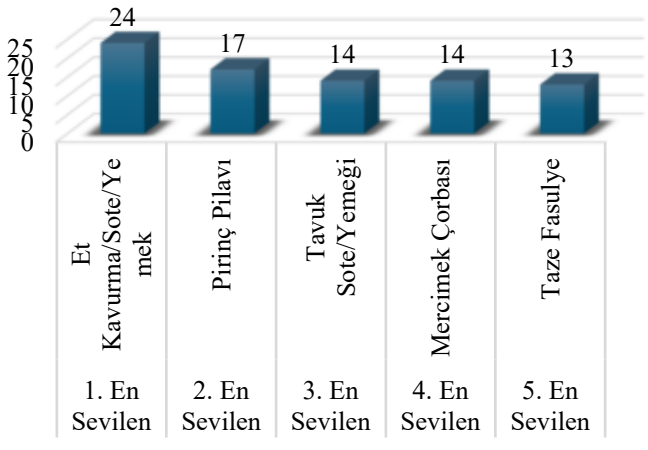
Erkeklerin %50'si aylık gıda gideri olarak 5000–10000 TL arası bütçe ayırırken, kadınlarda bu oran %56,4'tür. 10000–15000 TL arası harcayan kadın oranı daha düşükken (%27,7), erkeklerde bu oran %35,8 olarak görülmekte ve daha yüksektir.
Kadınlar daha düşük bütçelerle gıda harcamalarını sürdürürken, erkeklerin biraz daha yüksek bütçe ayırdığı gözlemlenmektedir.

Grafik 4. Hane halkı sayısına göre aylık gıda bütçesi



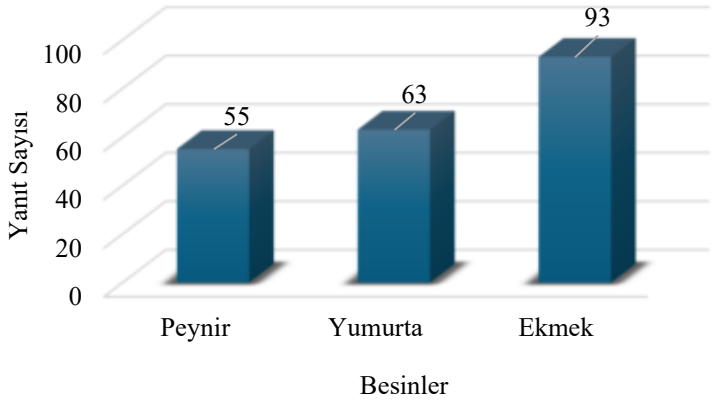
Grafik verilerine göre, hanelerin aylık gıda harcama düzeyleri çoğunlukla 5.000–10.000 TL (%53) ve 10.000–15.000 TL (%35) aralıklarında yoğunlaşmaktadır. Bu iki grup toplamda çalışmaya katılan 200 hanenin %88'ini oluşturmaktadır. Bu bulgu, örneklem grubunun büyük kısmının gıda tüketimini sınırlı veya kontrollü bir bütçeyle gerçekleştirdiğini göstermektedir.
Daha yüksek harcama dilimlerine (%8,5'i 15.000–20.000 TL; %3'ü 20.000–25.000 TL; %0,5'i 25.000-30.000 TL) geçildikçe hane sayılarında azalma görülmektedir. Bu durum, hanelerin büyük bir kısmının temel gıda tüketimini belirli bir düzeyde sabitlediğini, daha yüksek harcama yapmanın nadir olduğunu ve zorunlu ihtiyaçlara dayalı bir tüketim davranışı sergilendiğini düşündürebilir.
Özellikle kalabalık hanelerde, daha yüksek gıda bütçesine rastlanması beklenirken bu hanelerin büyük bir kısmının da 5.000–15.000 TL aralığında bütçe ayırması, aile üyeleri arasında kişi başına düşen gıda harcamasının düşük olduğunu göstermektedir. Örneğin 4 kişilik hanelerde 57 hane (%93,5) düşük bütçe diliminde yer almakta, yalnızca 4 hane (%6,6) daha yüksek düzeyde gıda harcaması yapmaktadır. Bu örüntü, gıda harcamalarının kalabalık hanelerde miktar olarak artsa da oran olarak sabit kaldığını düşündürmektedir.

Grafik 5. En sevilen 5 yemek sıralaması



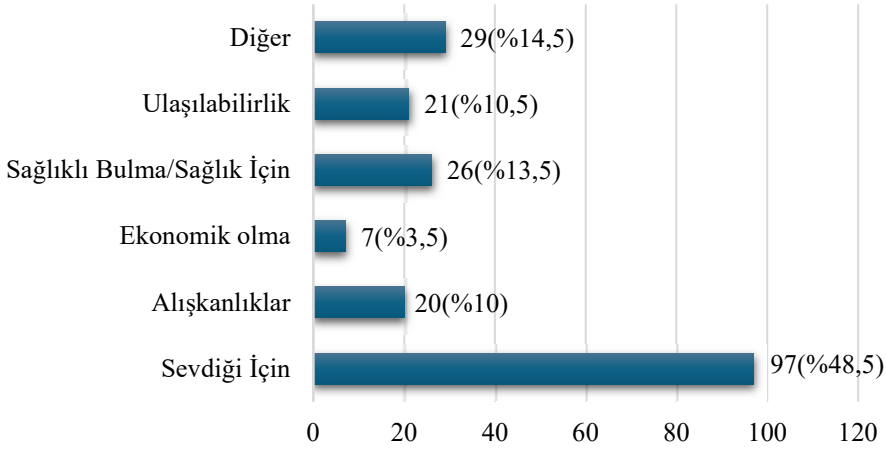
Ankete katılan bireylere en sevdikleri 5 yemeği sıralaması istenmiştir. Verilen cevaplar doğrultusunda 1. En sevilen yiyeceğin et kavurma/sote/yemeği olduğu görülmüştür ve 24 kişi bu yemeği sevdiğini belirtmiştir. 2. En sevilen yiyeceğin pirinç pilavı olduğu görülmektedir ve 17 kişi bu yemeği sevdiğini belirtmiştir. 3. En sevilen yiyeceğin tavuk sote/yemeği olduğu görülmüştür ve 14 kişi bu yemeği 3. Sırada en sevdiğini belirtmiştir. 4. En sevilen yiyeceğin mercimek çorbası olduğu görülmüştür ve 14 kişi bu yemeği 4. Olarak sevdiğini belirtmiştir. 5. En sevilen yemek ise taze fasulyedir ve 13 kişinin 5. En sevdiği yemeği olduğu görülmektedir.

Grafik 6. En yaygın tüketilen 3 besin



Ankete katılan bireylere en yaygın olarak tükettiği 3 besin sorulmuştur ve grafikte görüldüğü gibi alınan yanıtların 93'ü ekmek, 63'ü yumurta ve 55'i peynir olmuştur. Bu cevaplar doğrultusunda bireylerin temel besinleri yaygın olarak tükettiği yorumuna ulaşılabilir.

Grafik 7. Yiyecekleri Yaygın Tüketme Sebebi



Ankete katılan bireylerin yiyecekleri yaygın olarak tüketme sebebinde en yüksek oran %48,5 ile 'sevdiği için' ifadesine aittir. Bu bulguyu %14,5 ile 'diğer sebepler' ve %13,5 ile 'sağlıklı bulma/sağlık için' tercihi takip etmektedir.

'Ulaşılabilirlik' ve 'alışkanlıklar' ise sırasıyla %10,5 ve %10 oranlarında belirtilmiş olup, 'ekonomik olma' seçeneği yalnızca %3,5 ile en düşük orandadır.
Sonuç olarak, bireylerin yiyecek tüketiminde en temel belirleyicinin kişisel beğeni olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, lezzet ve damak tadının, sağlık, ekonomi ya da alışkanlık gibi faktörlerden daha baskın olduğunu göstermektedir. Ekonomik nedenlerin çok düşük seviyede kalması, katılımcıların ekonomik kaygılardan ziyade keyif ve tercihe dayalı beslenme alışkanlıklarına yöneldiğini düşündürmektedir.

Tablo 12. Cinsiyete göre dışarıdayken tercih edilen yiyecek türü

	Dışarıdayken tercih edilen yiyecek türü					
Cinsiyet	Ev Yemekleri	Fastfood besinler	Salatalar	Izgara/Köfte/Kebap vs	Diğer	Genel Toplam
E	16(%15,1)	21(%19,8)	0	59(%55,7)	10(%9,4)	106
K	3(%3,2)	30(%31,9)	1(%1,1)	50(%53,2)	10(%10,6)	94
Genel Toplam	19	51	1	109	20	200

Tablo 15'e göre, erkek bireylerin dışarıda en çok tercih ettiği yiyecek türü %55,7 ile ızgara/köfte/kebap olurken, bunu %19,8 ile fastfood besinler ve %15,1 ile ev yemekleri takip etmektedir. Kadın bireylerde ise yine en yüksek tercih %53,5 ile ızgara/kebap olurken, %31,9'u fastfood, %10,6'sı ise diğer yiyecek türlerini tercih etmiştir. Salata tercihi her iki cinsiyette de oldukça düşüktür (erkeklerde %0; kadınlarda %1,1).
Sonuç olarak, her iki cinsiyette de dışarıda yemek tercihlerinde ızgara ve kebap gibi geleneksel ve doyurucu seçenekler öne çıkarken, kadınlar erkeklere kıyasla fastfood ve alternatif yiyeceklere daha fazla yönelmektedir. Bu durum, kadınların dışarıda yemek tercihlerinde daha çeşitli seçeneklere açık olduğunu göstermektedir.

Tablo 13. Cinsiyete göre tatildeyken tercih edilen besinler

	Tatildeyken tercih edilen besinler					
Cinsiyet	Ev Yemekleri	Fastfood besinler	Salatalar	Izgara/Köfte/Kebap vs	Diğer	Genel Toplam
E	22(%20,8)	16(%15,1)	3(%2,8)	61(%57,5)	4(%3,8)	106
K	9(%9,6)	28(%29,8)	2(%2,1)	49(%52,1)	6(%6,4)	94
Genel Toplam	31	44	5	110	10	200

Erkeklerin %57,5'i ızgara/köfte/kebap tercih ederken, kadınların bu tercih oranı %52,1'dir. Kadınlarda fastfood tercihleri erkeklere göre daha fazladır(%29,8/%15,1).
Tatildeyken kadınlar biraz daha çeşitli tercihlere yönelirken, erkeklerin tercihi kırmızı ete dayalı geleneksel yemekler olmaktadır.

Tablo 14. Cinsiyete göre tatildeyken besin tercihlerini en çok etkileyen faktör

	Tatildeyken besin tercihlerini en çok etkileyen faktör					
Cinsiyet	Daha önce denemediğim besinleri denerim.	Her zaman tükettiğim ve bildiğim besinleri tercih ederim.	Hangisi görünüş olarak daha güzelse onu tercih ederim.	Hijyen açısından en güvendiğim besini tercih ederim.	Diğer	Genel Toplam
E	16(%15,1)	50(%47,29	16(%15,1)	22(%20,8)	2(%1,9)	106
K	28(%29,8)	36(%38,3)	16(%17)	14(%14,9)	0	94
Genel Toplam	44	86	32	36	2	200

Erkeklerin %47,2'si 'her zaman tükettiğim ve bildiğim besinleri tercih ederim' demektedir. Kadınlarda bu oran %38,3 iken, %29,8'i 'daha önce denemediğim besinleri denerim' yanıtını vermiştir.
Her iki birey de genel olarak alışkanlıklarından vazgeçmezken, kadınlar yeni tatlar denemeye erkeklerden daha açıktır. Bu da kadınların daha deneyim odaklı ve meraklı olduğunu gösterebilir.

Tablo 15. Cinsiyete göre evine misafir gelme durumu

	Misafir gelme durumu		
Cinsiyet	Evet	Hayır	Genel Toplam
E	78(%73,6)	28(%26,49	106
K	73(%77,7)	21(%22,3)	94
Genel Toplam	151	49	200

Her iki cinsiyette de misafir kabul etme oranı yüksektir. Erkeklerde %73,6, kadınlarda %77,7. Kadınlarda ise bu oran biraz daha fazla görülmektedir. Bunun nedeni sosyal sorumluluk veya kültürel rol farklarının yansıması olabilir.

Tablo 16. Cinsiyete göre eve gelen misafir için hazırlanacak menüyü etkileyen faktör

	Misafir için menüyü belirlemeyi etkileyen faktör						
	Besinlerin evde bulunma durumu	Maliyet	Hazırlanma işleminin kolay ve pratikliği	Gelecek olan misafirlerin kültürleri	Kendi kültürümüz	Yapmayı sevdiğim ve lezzetli yaptığımı düşünmem	Genel Toplam
E	22 (%26,2)	3 (%3,6)	4 (%4,8)	9 (%10,7)	17 (%20,2)	29 (%34,5)	84
K	16 (%21,1)	3 (%3,9)	10 (%13,2)	5 (%6,6)	4 (%5,3)	38 (%50)	76
Genel Toplam	38	6	14	14	21	67	160

Erkeklerde en etkili faktör %34,5 ile 'yapmayı sevdiğim ve lezzetli yaptığımı düşündüğüm yemekleri hazırlamak' olurken kadınlarda da %50 ile aynı faktör etki etmektedir.
Her iki cinsiyette de misafir menüsü seçiminde kişisel beğeni ön plandadır. Besinlerin evde bulunma durumu ise her iki cinsiyet için de 2. Sırada gelmektedir.

Tablo 17. Genel beslenme alışkanlıkları ölçeklendirilmesi

Genel Beslenme Alışkanlıkları	Erkek	Kadın	Ortalama
Besinlerimin sağlıklı olmasına dikkat ederim.	1,9	2,3	2,1
Az yağlı besinler tercih ederim.	2,3	2,4	2,3
Öğünleri evde yemeyi tercih ederim.	1,8	2,1	2
Öğünleri dışarıda yemeyi tercih ederim.	3,9	3,6	3,8
Öğün aralarında sağlıklı yiyecekler yerim.	2,8	2,8	2,8
Öğün aralarında paketli ürünler tüketmeyi tercih ederim.	3,6	3,5	3,6
Sağlık açısına bakmadan sevdiğim şeyleri yerim.	3	2,7	2,9
Vücudumun gereksinmesine dikkat ederek beslenmeye çalışırım.	2,5	2,7	2,6
Yemekleri pişirirken geleneksel pişirme yöntemleri dışına çıkmam.	2,5	2,3	2,4
Yeni tarifler yapmaya ve denemeye açığım.	2,8	2,2	2,6
Kendi yöreme özgü yemekler pişirmeyi/tüketmeyi tercih ederim.	2,2	2,1	2,2
Farklı yörelerin yemeklerini pişirmeyi/tüketmeyi tercih ederim.	3,5	3,4	3,4
Yağlı veya kızartma tarzı yiyecekleri tüketmeyi tercih ederim.	3,4	3,1	3,3
Fırında/ızgara tarzı yiyecekleri tüketmeyi tercih ederim.	2,7	2,5	2,6
Sebze yemeklerini zeytinyağlı olarak tüketirim.	2,5	2,3	2,4
Sebze yemeklerini etli olarak tüketirim.	3	3,4	3,2
Kurubaklagil yemeklerini et/kıyma ile yaparım.	3	3,1	3,1
Kurubaklagil yemeklerini zeytinyağlı yapmayı tercih ederim.	3	2,8	2,9
Et(kırmızı et, tavuk, balık) tüketirken sulu yemek şeklinde tüketirim.	2,9	3,3	3,1
Et(kırmızı et, tavuk, balık) tüketirken fırında/ızgara şeklinde tüketirim.	2,7	2,7	2,7
Et(kırmızı et, tavuk, balık) tüketirken köfte şeklinde tüketirim.	2,8	2,8	2,8
Sütlü tatlılar tüketmeyi tercih ederim.	2,6	2,4	2,5
Şerbetli tatlılar tüketmeyi tercih ederim.	3,3	3,1	3,2
Bir restoranın önünden geçerken gördüğüm yemek görselleri pişireceğim yemeği etkiler.	3,8	3,7	3,8
Bir restoranın önünden geçerken aldığım yemek kokuları pişireceğim yemeği etkiler.	3,8	3,8	3,8
Bir restoranda yemek yerken tercihimi menüdeki görsele göre yaparım.	3,8	3,6	3,7
Bir restoranda yemek yerken tercihimi daha önce denemediğim bir yemekten yana yaparım.	3,5	3,3	3,4
Bir restoranda yemek yerken tercihim her zaman aynıdır.	2,8	2,8	2,8
Televizyon/sosyal medya gibi mecralarda gördüğüm yemek pişirme videoları/görselleri evde pişireceğim yemeklere karar vermemde büyük etkiye sahiptir.	3,3	3	3,2

Evde yemek pişirirken kolay ve pratik olmasına önem veririm.	2,8	2,3	2,6
Yemek yiyen bir kişi ile birlikte olmak aç olmasam bile yemek yemek istememe sebep olur.	3,4	2,9	3,1
Yeni yemek yemiş olsam bile, pişen güzel bir yemek kokusu aldığımda kendimi yememek için zor tutarım.	3,6	3,1	3,4
Lezzetli bir yemek gördüğümde hemen acıkırım ve o an o yiyeceği yemem gerekir.	3,4	3,1	3,3
Öğünlerimi dışarıdan yemeyi tercih ederim.	4	4	4
Arkadaşlarımla akşam yemekleri için dışarıya çıkarım.	4	3,8	3,9

Bu çalışma kapsamında bireylerin genel beslenme alışkanlıkları 5'li Likert tipi ölçek (1=Her zaman, 5=Hiçbir zaman) kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler doğrultusunda, kadın ve erkek katılımcıların yanı sıra genel ortalamalar üzerinden yorumlama yapılmıştır.

Besinlerimin sağlıklı olmasına dikkat ederim.(2,1: Sık sık) Bu bulgu, katılımcıların genel olarak sağlıklı beslenmeye dikkat ettiklerini göstermektedir. Hem kadın (2,3) hem erkek (1,9) katılımcıların ortalamaları bu davranışı "sık sık" gerçekleştirdiklerine işaret etmektedir. Erkek katılımcıların bu konuda kadınlara kıyasla daha duyarlı oldukları görülmektedir.

Az yağlı besinleri tercih ederim. (2,3: Sık sık) Az yağlı besin tercihinin genel katılımcı grubunda sık sık gerçekleştirilen bir davranış olduğu görülmektedir. Kadınlar (2,4) ile erkekler (2,3) arasında bu konuda belirgin bir fark bulunmamaktadır ve bu da her iki cinsiyetin benzer sıklıkla bu tercihi benimsediğini göstermektedir.

Öğünleri evde yemeyi tercih ederim. (2: Sık sık) Evde yemek yeme alışkanlığı katılımcılar arasında yaygındır. Erkeklerin ortalaması (1,8) kadınlara göre (2,1) daha düşük olup, erkeklerin bu davranışı daha sık sergilediği anlaşılmaktadır. Bu durum, evde yemek tüketiminin erkek bireyler için daha alışılmış olduğunu gösterebilir.

Öğünleri dışarıda yemeyi tercih ederim. (3,8: Nadiren) Katılımcılar dışarıda öğün tüketmeyi nadiren tercih etmektedir. Her iki cinsiyetin ortalamaları (erkek: 3,9, kadın: 3,6) birbirine yakın olup bu davranışın düşük sıklıkla yapıldığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, evde yemek yeme davranışının dışarıda yemek yeme davranışına kıyasla daha yaygın olduğunu desteklemektedir.

Öğün aralarında sağlıklı yiyecekler yerim. (2,8: Bazen) Katılımcıların öğün aralarında sağlıklı atıştırmalıkları tüketme davranışı 'bazen' düzeyindedir. Cinsiyetler arasında fark olmaması hem erkek hem de kadın bireylerin (2,8) ara öğünlerde sağlıklı yiyecek tüketimini düzenli ama sınırlı bir düzeyde gerçekleştirdiğini düşündürmektedir.

Öğün aralarında paketli ürünler tüketmeyi tercih ederim. (3,6: Nadiren) Katılımcılar, paketli ürün tüketimini nadiren tercih etmektedir. Kadın ve erkek ortalamaları birbirine oldukça yakındır (kadın: 3,5, erkek: 3,6). Bu durum her iki cinsiyet için de genel olarak paketli ürün tüketiminin beslenme tercihlerine uymadığını göstermektedir.

Sağlık açısına bakmadan sevdiğim şeyleri yerim. (2,9: Bazen) Bu maddenin ortalama değeri 2,9 olup katılımcıların bu davranışı bazen sergilediklerini göstermektedir. Kadınların ortalaması erkeklerden daha düşük olduğundan, kadınların lezzet tercihlerini sağlıktan daha az öncelikli tuttukları söylenebilir. Ancak genel olarak, katılımcılar sağlığı göz ardı ederek beslenme eğiliminde nadiren bulunmaktadır.

Vücudumun gereksinmesine dikkat ederek beslenmeye çalışırım. (2,6: Bazen) Bireyler, beden ihtiyaçlarına uygun beslenmeyi sık sık dikkate almaktadır. Erkeklerde (2,1) bu dikkat düzeyi kadınlara (2,4) oranla biraz daha yüksektir.

Yemekleri pişirirken geleneksel pişirme yöntemleri dışına çıkmam. (2,4: Sık sık) Bu bulgu, bireylerin çoğunlukla geleneksel yöntemleri tercih ettiklerini, yenilikçi pişirme yöntemlerine karşı daha temkinli yaklaştıklarını göstermektedir. Kadınların daha gelenekselci bir yaklaşım sergilediği anlaşılmaktadır.

Yeni tarifler yapmaya ve denemeye açığım. (2,6: Bazen) Yeni tarifleri denemeye açıklık bazen düzeyinde gözlemlenen bir eğilimdir. Fakat cinsiyet açısından dikkat çekici bir fark vardır: Kadın bireylerin ortalaması 2,2 ile sık sık seviyesine yaklaşırken, erkeklerin 2,8'lik ortalaması bazen düzeyindedir. Bu durum, kadın bireylerin mutfakta yeni tarifler yapmaya ve denemeye daha açık olduğunu göstermektedir.

Kendi yöreme özgü yemekler pişirmeyi/tüketmeyi tercih ederim. (2,2: Sık sık) Erkek (2,2) ve kadın (2,1) katılımcıların görüşleri büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Bu durum, geleneksel ve kültürel yemek alışkanlıklarının hâlâ yaygın biçimde sürdürüldüğünü ve bireylerin kendi yöresel mutfaklarına bağlı kaldığını göstermektedir.

Farklı yörelerin yemeklerini pişirmeyi tüketmeyi tercih ederim. (3,4: Bazen) Katılımcıların farklı yöresel mutfaklara olan ilgilerinin sınırlı olduğu, erkek bireylerde (3,5) bu ilgisizliğin kadınlara göre (3,4) biraz daha fazla olduğu görülmektedir.

Yağlı veya kızartma tarzı yiyecekleri tüketmeyi tercih ederim. (3,3: Bazen) Kadınlar (3,1) erkeklere (3,4) kıyasla bu tür yiyecekleri daha az tercih etmektedir. Bu farklılık, kadın bireylerin daha sağlıklı beslenme eğiliminde olduklarına işaret edebilir.

Fırında/ızgara tarzı yiyecekleri tüketmeyi tercih ederim. (2,6: Bazen) Kadınlar (2,5) bu pişirme yöntemlerini erkeklere (2,7) göre daha fazla tercih etmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, sağlıklı pişirme tekniklerine yönelik orta düzeyde bir eğilim söz konusudur.

Sebze yemeklerini zeytinyağlı olarak tüketirim. (2,4: Sık sık) Kadınlar (2,3) bu konuda erkeklere (2,5) göre daha yüksek bir eğilim göstermektedir.

Sebze yemeklerini etli olarak tüketirim. (3,2: Bazen) Katılımcıların sebze yemeklerini bazen etli olarak tükettikleri görülmektedir. Kadınlar (3,4) erkeklere (3) kıyasla bu davranışı daha seyrek sergilemektedir. Bu durum, erkeklerin sebze yemeklerine et ekleme eğiliminin daha yüksek olduğunu ortaya koyabilir.

Kurubaklagil yemeklerini et/kıyma ile yaparım. (3,1: Bazen) Katılımcılar kurubaklagil yemeklerini et veya kıyma ile bazen yaptıklarını ifade etmektedir. Erkek (3) ve kadın (3,1) katılımcılar arasında anlamlı bir fark bulunmamakta, her iki grup da bu davranışı benzer sıklıkla göstermektedir.

Kurubaklagil yemeklerini zeytinyağlı yapmayı tercih ederim. (2,9: Bazen) Kurubaklagil yemeklerini zeytinyağlı yapma eğilimi bazen düzeyindedir. Erkekler (3) kadınlara (2,8) kıyasla bu tercihi daha seyrek göstermektedir.

Et (kırmızı et, tavuk, balık) tüketirken sulu yemek şeklinde tüketirim. (3,1: Bazen) Kadın katılımcılar (3,3), erkeklere (2,9) göre bu yöntemi daha seyrek tercih etmektedir. Erkek bireyler arasında bu tüketim daha yaygın olabilir.

Et tüketimini fırında/ızgara şeklinde yaparım. (2,7: Bazen) Fırında veya ızgarada pişirme yönteminin bazen tercih edildiğini görülmektedir. Kadın ve erkek katılımcıların ortalamaları eşit (2,7) olup, cinsiyet farkı gözlenmemektedir. Bu pişirme yöntemi, katılımcıların genelinde ara sıra tercih edilen bir yöntemdir.

Et tüketimini köfte şeklinde yaparım. (2,8: Bazen) Etin köfte şeklinde tüketimi, katılımcılar tarafından bazen tercih edilen bir yöntemdir. Kadın ve erkeklerin ortalamaları eşittir (2,8), bu da bu pişirme yönteminin her iki cinsiyet arasında benzer sıklıkta uygulandığını gösterir.

Sütlü tatlılar tüketmeyi tercih ederim. (2,5: Bazen) Sütlü tatlı tüketimi, katılımcılar tarafından bazen gerçekleştirilmektedir. Kadınlar (2,4), erkeklerden (2,6) biraz daha sık sütlü tatlı tüketmektedir. Bu durum, kadın bireylerin sütlü tatlılara erkeklerden biraz daha fazla ilgi gösterdiğini düşündürebilir.

Şerbetli tatlılar tüketmeyi tercih ederim. (3,2: Bazen) Şerbetli tatlı tüketimi bazen düzeyindedir. Erkekler (3,3), kadınlardan (3,1) biraz daha seyrek şerbetli tatlı tüketmektedir. Bu fark küçük olsa da kadın bireylerin şerbetli tatlılara daha yatkın olabileceğini düşündürebilir.

Bir restoranın önünden geçerken gördüğüm yemek görselleri pişireceğim yemeği etkiler. (3,8:Nadiren) Katılımcılar restoranların dışındaki yemek görsellerinden nadiren etkilenmektedir. Erkek (3,8) ve kadın (3,7) katılımcıların ortalamaları birbirine yakın olup, her iki cinsiyetin de bu dışsal uyaranlara karşı sınırlı düzeyde tepki verdiği anlaşılmaktadır. Bu durum, görsellerin yemek seçimi üzerinde belirleyici olmadığını düşündürebilir.

Bir restoranın önünden geçerken aldığım yemek kokuları pişireceğim yemeği etkiler. (3,8: Nadiren) Katılımcıların, restoranlardan gelen yemek kokularının kendi yemek pişirme tercihlerine **nadiren etki ettiğini** ifade ettikleri görülmektedir. Kadın (3,7) ve erkek (3,8) bireylerin yanıtları, kokunun yemek tercihi üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ve **karar vermede belirleyici olmadığını göstermektedir.**

Bir restoranda yemek yerken tercihim menüdeki görsele göre yaparım. (3,7: Nadiren) Katılımcıların menüde yer alan görsellerden nadiren etkilenerek tercih yaptıkları görülmektedir. Erkeklerin (3,8) bu durumdan kadınlara (3,6) göre biraz daha az etkilendiği anlaşılmaktadır. Menüdeki görsellerin yönlendirici etkisinin nadiren etkili olduğu söylenebilir.

Bir restoranda yemek yerken tercihim daha önce denemediğim bir yemekten yana yaparım. (3,4: Bazen) Katılımcıların daha önce denemedikleri yemekleri tercih etme eğiliminin bazen düzeyinde olduğu görülmektedir. Erkek (3,5) ve kadın (3,3) katılımcılar arasında küçük bir fark bulunmakla birlikte, bu durum yeni tatlara karşı meraklı ancak temkinli bir yaklaşımı işaret etmektedir.

Bir restoranda yemek yerken tercihim her zaman aynıdır. (2,8: Bazen) Bu maddenin ortalama değeri, katılımcıların yemek tercihlerinin bazen farklı bazen de aynı olduğunu göstermektedir. Erkek ve kadınlar arasında herhangi bir fark gözlenmemektedir (her ikisi de 2,8). Bu bulgu, bireylerin hem alışkanlıklarını sürdürdüğünü hem de ara sıra farklı seçimler yaptığını düşündürmektedir.

Televizyon/sosyal medya gibi mecralarda gördüğüm yemek pişirme videoları/görselleri evde pişireceğim yemeklere karar vermemde büyük etkiye sahiptir. (3,2: Bazen) Katılımcıların sosyal medya ve televizyon içeriklerinden bazen etkilendiği görülmektedir. Erkek (3,3) ve kadın (3,0) katılımcılar arasında küçük bir fark bulunmakta olup, erkeklerin bu tür içeriklerden biraz daha az etkilendiği söylenebilir. Genel olarak bu içeriklerin karar verme sürecine zaman zaman etkili olduğu söylenebilir.

Evde yemek pişirirken kolay ve pratik olmasına önem veririm. (2,6: Bazen) Katılımcıların evde yemek pişirirken kolaylık ve pratikliğe bazen önem verdiği görülmektedir. Kadınların ortalaması 2,3, erkeklerin ise 2,8 olup bu durum, kadınların pratiklik konusuna biraz daha sık önem verdiğini göstermektedir. Genel olarak ise bu özellik tüm katılımcılar için önemli bir faktör olmakla birlikte her zaman belirleyici değildir.

Yemek yiyen bir kişi ile birlikte olmak aç olmasam bile yemek yeme isteğime sebep olur. (3,1: Bazen) Katılımcıların, yemek yiyen bir kişiyle birlikte olduklarında aç olmasalar bile yemek yeme isteği duydukları bazen görülmektedir. Kadınlar (2,9), erkeklere (3,4) kıyasla bu davranışı daha sık sergilemektedir.

Bu durum, kadın bireylerin sosyal etkileşim sırasında yeme davranışına daha duyarlı olduğunu ve çevresel faktörlerin yeme isteğini daha fazla tetikleyebildiğini göstermektedir. Erkek bireylerde ise bu eğilim daha düşük düzeydedir.

Yeni yemek yemiş olsam bile, pişen güzel bir yemek kokusu aldığımda kendimi yememek için zor tutarım. (3,4: Bazen) Katılımcıların, tok olsalar bile güzel yemek kokuları karşısında bazen yeme isteği duydukları görülmektedir. Kadınlar (3,1), erkeklere (3,6) göre bu duruma daha sık tepki vermektedir. Bu durum, kadın bireylerin koku duyusu aracılığıyla tetiklenen yeme davranışına daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Erkek bireyler ise bu dürtüsel yeme eğilimini kadınlara kıyasla daha az sıklıkla göstermektedir.

Lezzetli bir yemek gördüğümde hemen acıkırım ve o an o yiyeceği yemem gerekir. (3,3: Bazen) Katılımcılar, lezzetli bir yemeği gördüklerinde **bazen** ani açlık ve yeme arzusu hissettiklerini ifade etmiştir. Kadınlar (3,1), erkeklerden (3,4) daha sık bu dürtüsel tepkiyi göstermektedir. Bu durum, kadın bireylerin görsel uyaranlara karşı yeme davranışında daha duyarlı olduğunu, erkeklerin ise bu durumu daha az sıklıkla yaşadığını göstermektedir.

Öğünlerimi dışarıdan yemeyi tercih ederim. (4,0: Nadiren) Katılımcıların dışarıdan yemek yeme davranışını nadiren sergiledikleri görülmektedir. Hem kadınların hem de erkeklerin bu davranışa ilişkin ortalamaları 4 seviyesindedir. Bu bulgu, katılımcıların öğünlerini genellikle evde yeme eğiliminde olduklarını, dışarıdan yemek tercihinin zorunlu durumlarda ortaya çıktığını gösterebilir.

Arkadaşlarımla akşam yemekleri için dışarıya çıkarım. (3,9: Nadiren) Katılımcılar, arkadaşlarıyla dışarıda yemek yeme davranışını nadiren sergilemektedir. Erkek (4,0) ve kadın (3,8) bireylerin ortalamaları birbirine yakın olup, bu davranışın genellikle sosyal ihtiyaçlara dayalı ve sınırlı sıklıkta gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 18. İçecekleri tüketme sıklığı

		Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
İÇECEKLER	Süt	6(%3)	27(%13,5)	75(%37,5)	48(%24)	44(%22)
	Çay	188(%94)	6(%3)	4(%2)	0	2(%1)
	Kahve	81(%40,5)	52(%26)	39(%19,5)	19(%9,5)	9(%4,5)
	Bitki Çayı	34(%17)	23(%11,5)	61(%30,5)	42(%21)	40(%20)
	Meyve Suyu	7(%3,5)	26(%13)	33(%16,5)	59(%29,5)	75(%37,5)
	Gazlı İçecek	6(%3)	33(%16,5)	38(%19)	56(%28)	67(%33,5)

Araştırma kapsamında yer alan 200 katılımcının yalnızca %3'ü her gün süt tüketmektedir. Süt tüketiminin en yoğun olduğu grup, %37,5 ile haftada 1-2 kez tüketen bireylerden oluşmaktadır. Katılımcıların %24'ü ayda 1-2 kez süt tüketirken, %22'si sütü hiç tüketmediğini belirtmiştir. Bu sonuçlar, süt tüketiminin genel olarak düşük düzeyde olduğunu göstermektedir. Her gün tüketim oranının oldukça sınırlı olması, süt ve süt ürünlerinin beslenme alışkanlıkları içindeki yerinin zayıf olduğunu düşündürmektedir.

Ayrıca hiç tüketmeyenlerin oranının (%22) yüksek olması, özellikle kemik sağlığı ve kalsiyum alımı açısından önemli bir halk sağlığı sorunu teşkil edebilir.

Katılımcıların çok büyük bir çoğunluğu (%94) her gün çay tüketmektedir. Hiç çay tüketmeyenlerin oranı ise yalnızca %1'dir. Bu veriler, çayın günlük yaşamda yaygın ve alışkanlık haline gelmiş bir içecek olduğunu ortaya koymaktadır.

Diğer sıklık kategorileri oldukça düşük oranlara sahiptir; haftada 1-2 kez veya daha az sıklıkta tüketenlerin toplam oranı sadece %5'tir. Bu durum çayın kültürel olarak güçlü bir yere sahip olduğunu göstermektedir.
Her gün kahve tüketenlerin oranı %40,5 olup bu, çaya kıyasla daha düşük bir günlük tüketimi göstermektedir. Katılımcıların %85,5'i en az haftada 1 kez kahve içmektedir. Hiç tüketmeyenlerin oranı %4,5 ile sınırlıdır. Bu durum, kahvenin çay kadar olmasa da toplumda yaygın olarak tüketildiğini göstermektedir.
Bitki çayı tüketiminde en yüksek oran %30,5 ile haftada 1-2 kez tüketen gruptadır. Her gün bitki çayı tüketenlerin oranı ise %17'dir. Hiç tüketmeyenlerin oranı %20 düzeyindedir. Bu sonuçlar, bitki çayının daha çok dönemsel veya belirli amaçlarla (örneğin sağlık, rahatlama vb.) tüketilen bir içecek olduğunu düşündürmektedir.
Katılımcıların %37,5'i meyve suyu tüketmediğini belirtmiştir. Günlük tüketim oranı ise yalnızca %3,5'tir. Tüketim sıklığının daha çok ayda 1-2 kez (%29,5) ve haftada 1-2 kez (%16,5) düzeyinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu sonuçlar, meyve suyunun genel olarak düşük sıklıkta tüketilen bir içecek olduğunu ve katılımcıların önemli bir kısmı tarafından tercih edilmediğini göstermektedir.
Gazlı içecekler, katılımcıların %33,5'i tarafından hiç tüketilmemektedir. Günlük tüketim oranı %3 ile oldukça düşüktür. Bununla birlikte, haftalık veya aylık düzeyde tüketim oranı yüksektir. %63,5 oranında katılımcı bu ürünleri en az ayda bir kez tüketmektedir.

Tablo 19. Et grubu besinleri tüketme sıklığı

		Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
ETLER	Dana Eti	3(%1,5)	33(%16,5)	90(%45)	66(%33)	8(%4)
	Kuzu Eti	0	5(%2,5)	25(%12,5)	58(%29)	112(%56)
	Tavuk	3(%1,5)	50(%25)	115(%57,5)	26(%13)	6(%3)
	Hindi	0	4(%2)	3(%1,5)	10(%5)	183(%91,5)
	Balık	1(%0,5)	17(%8,5)	97(%48,5)	69(%34,5)	16(%8)

Katılımcıların yalnızca %1,5'i dana etini her gün tüketmektedir. En yaygın tüketim sıklığı, %45 ile haftada 1-2 kezdir. Ayda 1-2 kez tüketenlerin oranı da %33 gibi yüksek bir değere sahiptir. Bu durum, dana etinin genellikle haftalık veya aylık aralıklarla tüketilen bir ürün olduğunu göstermektedir.
Kuzu eti tüketimi oldukça düşüktür. Katılımcıların %56'sı hiç tüketmediğini belirtmiştir.
Her gün düzenli olarak tüketen hiç kimse bulunmamaktadır. En yüksek tüketim oranı %29 ile ayda 1-2 kezdir. Bu sonuçlar, kuzu etinin kültürel veya ekonomik nedenlerle daha sınırlı bir şekilde tüketildiğini göstermektedir.
Tavuk eti, katılımcılar arasında en yaygın şekilde tüketilen et türüdür. Katılımcıların %57,5'i haftada 1-2 kez, %25'i ise haftada 3-5 kez tavuk tükettiğini belirtmiştir.
Toplamda %83 oranında bir haftalık tüketim sıklığına sahip olan tavuk, kırmızı et türlerine kıyasla hem daha erişilebilir hem de daha sık tercih edilen bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır.
Hindi eti, katılımcıların büyük çoğunluğu tarafından (%91,5) hiç tüketilmemektedir. Bu et türü, diğerlerine kıyasla çok daha az tercih edilmektedir ve düzenli tüketen neredeyse hiç yoktur. Bu durum, hindi etinin kültürel olarak yaygın olmayışı ya da erişim güçlüğü ile açıklanabilir.
Balık tüketimi, et türleri tüketimi arasında orta düzeyde yer almaktadır. Katılımcıların %48,5'i haftada 1-2 kez, %34,5'i ise ayda 1-2 kez balık tüketmektedir.

Hiç tüketmeyenlerin oranı %8 ile sınırlı düzeydedir. Balığın şehirde ulaşılabilir olması tüketim düzeylerini yükseltmiş olabilir.

Tablo 20. Meyve-sebze grubu besinleri tüketme sıklığı

		Her Öğün	Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
MEYVE-SEBZE	Taze Meyve	16(%8)	113(%56,5)	54(%27)	13(%6,5)	3(%1,5)	1(%0,5)
	Kuru Meyve	6(%3)	22(%11)	51(%25,5)	45(%22,5)	50(%25)	26(%13)
	Çiğ Sebze	10(%5)	55(%27,5)	39(%19,5)	58(%29)	15(%7,5)	23(%11,5)
	Pişmiş Sebze	5(%2,5)	19(%9,5)	71(%35,5)	78(%39)	21(%10,5)	6(%3)

Katılımcıların %64,5'i (Her öğün + Her gün) taze meyveyi günlük olarak tüketmektedir. Haftalık tüketim oranı normal düzeydedir (%33,5). %27'si haftada 3-5 kez, %6,5'i haftada 1-2 kez meyve tüketmektedir. Hiç tüketmeyenlerin oranı %0,5 gibi çok düşük bir seviyededir. Bu veriler, taze meyvenin oldukça yaygın ve düzenli tüketildiğini göstermektedir.
Kuru meyve tüketimi, taze meyveye göre daha az sıklıktadır. Katılımcıların yalnızca %14'ü günlük olarak tüketmektedir (Her öğün + Her gün). En yaygın tüketim sıklığı haftalık düzeydedir (%48). Hiç tüketmeyenlerin oranı %13 ile belirgindir. Bu sonuçlar, kuru meyvenin dönemsel veya atıştırmalık olarak daha az düzenli tüketildiğini gösterebilir.
Çiğ sebze tüketiminde günlük tüketim oranı %32,5'tir(Her öğün + Her gün). Haftalık tüketim (3-5 ve 1-2 kez toplamı) %48,5 ile en yaygın düzeydedir. Hiç tüketmeyenlerin oranı %11,5 olup dikkat çekicidir. Ayda 1-2 kez tüketim yapanların sayısı da katılım düzeyi düşünüldüğünde fazladır. (15 kişi: %7,5) Bu veriler, çiğ sebzelerin çoğunlukla salata gibi formlarda belirli öğünlerde tüketildiğini ve düzenli alışkanlık haline gelmediğini göstermektedir.
Pişmiş sebze tüketimi en çok haftalık düzeyde gerçekleşmektedir (%74,5). Günlük tüketim oranı oldukça düşüktür (%12). Katılımcıların %10,5'i ayda yalnızca 1-2 kez tüketirken, hiç tüketmeyenlerin oranı %3'tür. Bu durum, pişmiş sebzenin daha çok ana yemeklerde yer aldığını ve genel olarak tüketildiğini göstermektedir.

Tablo 21. Ekmek-Hamur işi grubu besinleri tüketme sıklığı

		Her Öğün	Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
EKMEK-HAMUR İŞİ	Ekmek	120 (%60)	51 (%25,5)	13 (%6,5)	11 (%5,5)	0	5 (%2,5)
	Pilav	7 (%3,5)	28 (%14)	87 (%43,5)	63 (%31,5)	14 (%7)	1 (%0,5)
	Makarna	2 (%1)	4 (%2)	55 (%27,5)	103 (%51,5)	30 (%15)	6 (%3)
	Lahmacun/Pide	0	1 (%0,5)	7 (%3,5)	55 (%27,5)	124 (%62)	13 (%6,5)
	Poğaça/Börek	5 (%2,5)	11 (%5,5)	41 (%20,5)	70 (%35)	67 (%33,5)	6 (%3)

Ekmek, en sık tüketilen gıdaların başında gelmektedir. Katılımcıların %60'ı her öğün ekmek tüketmektedir. Günlük tüketim de hesaba katıldığında, %85,5 gibi çok yüksek bir oranla ekmek temel bir besin maddesi konumundadır. Bu durum, ekmeğin kültürel ve ekonomik olarak vazgeçilmez bir gıda olduğunu göstermektedir. Hiç tüketmeyenlerin oranı ise yalnızca %2,5'tir.

Pilav tüketimi genellikle haftalık düzeydedir. Katılımcıların %75'i haftada en az 1 kez pilav tükettiğini belirtmiştir. Günlük tüketim oranı %14 ile sınırlı kalmaktadır. Bu, pilavın sıklıkla tüketilen ancak her öğün ya da her gün yer almayan bir yemek olduğunu göstermektedir. Hiç tüketmeyenlerin oranı neredeyse yok denecek kadar azdır (%0,5).

Makarna en çok haftada 1-2 kez tüketilen bir yiyecektir (%51,5). Haftada 3-5 kez tüketenler ile toplam %79'luk bir kesim makarnayı haftalık düzeyde tercih etmektedir. Günlük ve her öğün tüketim oranları ise oldukça düşüktür (toplam %3). Bu da makarnanın dengeli bir şekilde öğünlere dağıtıldığını göstermektedir.

Lahmacun ve pide tüketimi daha çok aylık düzeydedir (%62). Haftalık tüketenler toplamda %31 iken günlük veya her öğün tüketenlerin oranı %1'in altındadır. Bu, bu tür hamur işlerinin daha çok dışarıdan siparişle ya da özel günlerde tercih edildiği yorumu yapılabilir.

Poğaça ve börek tüketimi daha çok haftada 1-2 kez (%35) veya ayda 1-2 kez (%33,5) tüketim düzeyindedir. Günlük tüketim yapanların oranı %8 olup düşüktür. Bu tür gıdaların genellikle kahvaltı veya özel günlerde tüketildiği ve beslenme düzeninde çok sık yer almadığı anlaşılmaktadır.

Tablo 22. Yiyecekleri kahvaltıda tüketme sıklığı

		Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
KAHVALTI	Ekmek	163(%81,5)	13(%6,5)	12(%6)	2(%1)	10(%5)
	Yumurta	80(%40)	48(%24)	45(%22,5)	15(%7,5)	12(%6)
	Peynir	138(%69)	36(%18)	19(%9,5)	2(%1)	5(%2,5)
	Zeytin	132(%66)	31(%15,5)	22(%11)	2(%1)	13(%6,5)
	Reçel	72(%36)	43(%21,5)	46(%23)	14(%7)	25(%12,5)
	Kızartma	6(%3)	29(%14,5)	105(%52,5)	43(%21,5)	17(%8,5)
	Menemen	8(%4)	15(%7,5)	81(%40,5)	83(%41,5)	13(%6,5)
	Çorba	19(%9,5)	36(%18)	41(%20,5)	43(%21,5)	61(%30,5)
	Tost	2(%1)	28(%14)	73(%36,5)	75(%37,5)	22(%11)

Kahvaltıda en sık tüketilen besin ekmektir; katılımcıların %81,5'i her gün ekmek tükettiğini belirtmiştir. Bunu sırasıyla peynir (%69), zeytin (%66) ve yumurta (%40) takip etmektedir. Bu, geleneksel Türk kahvaltısında yer alan temel besinlerin yaygınlığını göstermektedir.

Reçel, günlük tüketimde %36 ile öne çıkarken, haftalık ve aylık tüketimi de dikkate alındığında toplamda %87,5'lik bir orana ulaşmaktadır.

Menemen, %4'lük bir oranla günlük olarak düşük tüketilmekte, ancak %40,5 oranında haftada 1-2 kez tüketilmektedir. Aynı şekilde çorba %9,5 ile günlük düşük tüketim düzeyine sahipken, %30,5 oranında hiç tüketilmemektedir. Bu durum özellikle kahvaltıda geleneksel alışkanlıklara sahip bölgelerde belirgin olabilir.

Kızartma ve tost ise kahvaltıda en az tüketilen besinler arasındadır; tost günlük olarak yalnızca %1 oranında tüketilmektedir. Ancak tost, haftalık (%36,5) olarak bazı bireylerin alternatif kahvaltı tercihlerinde yer almaktadır.

Tablo 23. Yiyecekleri öğle yemeğinde tüketme sıklığı

		Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
ÖĞLE YEMEKLERİ	Kızartmalar	3(%1,5)	12(%6)	74(%37)	47(%23,5)	64(%32)
	Pilavlar	13(%6,5)	48(%24)	66(%33)	25(%12,5)	48(%24)
	Makarnalar	2(%1)	30(%15)	82(%41)	38(%19)	48(%24)
	Zeytinyağlı Sebze Yemekleri	7(%3,5)	35(%17,5)	67(%33,5)	30(%15)	61(%30,5)
	Etli Sebze Yemekleri	1(%0,5)	28(%14)	62(%31)	43(%21,5)	66(%33)
	Zeytinyağlı Kurubaklagil	1(%0,5)	23(%11,5)	57(%28,5)	44(%22)	75(%37,5)
	Etli Kurubaklagil	2(%1)	17(%8,5)	58(%29)	52(%26)	71(%30,5)
	Çorbalar	36(%18)	60(%30)	46(%23)	18(%9)	40(%20)
	Salatalar	53(%26,5)	51(%25,5)	36(%18)	12(%6)	48(%24)
	Şerbetli Tatlılar	2(%1)	13(%6,5)	47(%23,5)	56(%28)	82(%41)
	Sütlü Tatlılar	1(%0,5)	14(%7)	54(%27)	69(%34,5)	62(%31)
	Izgara Etler	0	11(%5,5)	49(%24,5)	76(%38)	64(%32)
	Kurubaklagil Salatası	0	6(%3)	32(%16)	46(%23)	116(%58)
	Fırında Et/Tavuk	1(%0,5)	22(%11)	77(%38,5)	48(%24)	52(%26)
	Balıklar	0	8(%4)	61(%30,5)	56(%28)	75(%37,5)

Öğle öğününde en sık tüketilen besinler arasında çorbalar (%18,0 günlük + %30 haftada 3-5 kez) ve salatalar (%26,5 günlük + %25,5 haftada 3-5 kez) öne çıkmaktadır. Bu besinlerin kolay hazırlanması ve ulaşılabilirliği nedeniyle tercih ediliyor olması olasıdır.

Pilav ve makarna gibi karbonhidrat ağırlıklı besinler, genellikle haftada 1-2 kez tüketilmektedir (%33 ve %41). Günlük tüketim oranları ise oldukça düşüktür (%6,5 ve %1). Bu, öğle öğünlerinde daha az karbonhidrat ağırlıklı beslenildiğini düşündürebilir.

Etli sebze yemekleri (%31 haftada 1-2 kez), ızgara etler (%24,5 haftada 1-2 kez) ve fırında et/tavuk (%38,5 haftada 1-2 kez) gibi protein kaynaklarının da haftalık düzeyde tüketildiği görülmektedir.

Kurubaklagil yemekleri, özellikle zeytinyağlı olanlar açısından daha az tercih edilmektedir. Katılımcıların %37,5'i etli kurubaklagil yemeğini haftada 1-2 kez veya 3-5 kez tüketmektedir ve yine %37,5'i zeytinyağlı versiyonu hiç tüketmemektedir.

Tatlı tüketimi açısından, sütlü tatlılar %27 oranında haftada 1-2 kez tüketilirken, şerbetli tatlılar daha çok ayda 1-2 kez (%28) tüketilmektedir. Sütlü tatlıların öğle öğününde tercih edilme oranı şerbetli tatlılara göre biraz daha yüksektir.

Tablo 24. Yiyecekleri akşam yemeğinde tüketme sıklığı

		Her Gün	Haftada 3-5 Kez	Haftada 1-2 Kez	Ayda 1-2 Kez	Hiç
AKŞAM YEMEKLERİ	Kızartmalar	1(%0,5)	20(%10)	75(%37,5)	68(%34)	36(%18)
	Pilavlar	28(%14)	46(%23)	101(%50,5)	20(%10)	5(%2,5)
	Makarnalar	3(%1,5)	37(%18,5)	97(%48,5)	50(%25)	13(%6,5)
	Zeytinyağlı Sebze Yemekleri	12(%6)	36(%18)	101(%50,5)	30(%15)	21(%10,5)
	Etli Sebze Yemekleri	2(%1)	29(%14,5)	88(%44)	43(%21,5)	38(%19)
	Zeytinyağlı Kurubaklagil	0	21(%10,5)	92(%46)	52(%26)	35(%17,5)
	Etli Kurubaklagil	2(%1)	23(%11,5)	69(%34,5)	74(%37)	32(%16)
	Çorbalar	75(%37,5)	66(%33)	51(%25,5)	6(%3)	2(%1)
	Salatalar	89(%44,5)	53(%56,5)	49(%24,5)	6(%3)	3(%1,5)
	Şerbetli Tatlılar	4(%2)	18(%9)	63(%31,5)	75(%37,5)	40(%20)
	Sütlü Tatlılar	3(%1,5)	18(%9)	73(%36,5)	88(%44)	18(%9)
	Izgara Etler	1(%0,5)	20(%10)	59(%29,5)	91(%45,5)	29(%14,5)
	Kurubaklagil Salatası	1(%0,5)	7(%3,5)	43(%21,5)	52(%26)	97(%48,5)
	Fırında Et/Tavuk	2(%1)	21(%10,5)	108(%54)	61(%30,5)	8(%4)
	Balıklar	0	11(%5,5)	91(%45,5)	83(%41,5)	15(%7,5)

Akşam yemeklerinde en sık tüketilen besin grubu çorbalardır; %37,5'i her gün tüketildiğini belirtmiştir. Haftada 3-5 kez tüketenlerle birlikte toplamda %70,5'lik düzenli tüketim oranına sahiptir. Benzer şekilde salatalar, %44,5 oranında günlük olarak tüketilmekte ve toplam tüketim oranı %93'tür.

Etli ve zeytinyağlı sebze yemekleri, genellikle haftada 1-2 kez (%44 ve %50,5) tüketilmektedir. Pilav ve makarna, öğle yemeğine benzer şekilde haftalık düzeyde tercih edilmektedir (%50,5 ve %48,5 haftada 1-2 kez). Günlük tüketimleri ise düşüktür. (%14, %1,5)

Fırında et/tavuk yemekleri, akşam öğününde oldukça yaygındır; %54 oranında haftada 1-2 kez, %30,5 oranında ayda 1-2 kez tüketilmektedir. Aynı şekilde balık, %45,5 haftada 1-2 kez ve %41,5 ayda 1-2 kez tüketilmektedir.

Tatlı tüketimi açısından, şerbetli tatlılar (%31,5) ve sütlü tatlılar (%36,5) haftada 1-2 kez düzeyinde tüketilmektedir. Her iki tatlı grubunun günlük tüketimi oldukça düşüktür (yaklaşık %1-2).

TARTIŞMA

Araştırmada, bireylerin çoğunlukla 2 ya da 3 ana öğün tükettiği ancak özellikle sabah ve öğle öğünlerinin atlama sıklığının daha yüksek oranda olduğu görülmüştür. Kadınlarda sabah kahvaltısının atlama oranı (%38,3), erkeklerde ise öğle yemeği atlama oranı (%39,6) karşı cinsiyete göre daha yüksektir. Öğün atlama nedenlerinin başında her iki cinsiyette de 'canım istemiyor' ve 'zamanım yok' yanıtları gelmektedir. Bu durum, bireylerin günlük rutinleri ile yeme davranışları arasındaki ilişkiyi ve duygusal/psikolojik etkileri ortaya koymaktadır (Canetti ve ark., 2002).

Ara öğün tüketim sıklığı kadınlarda belirgin şekilde daha yüksektir (%75,5). Bu bulgu, kadın bireylerin erkeklere göre daha sık ve düzenli yeme alışkanlıkları geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca kadınların duygusal yeme davranışlarına daha yatkın olmaları ve çevresel uyaranlardan daha fazla etkilenmeleriyle de ilişkilendirilebilir (Rozin ve ark., 2003).

Öğün dışı tüketim alışkanlıklarında kadınların erkeklere göre daha fazla atıştırmalık ve paketli gıdalara yöneldiği; ayrıca duygusal durumların beslenme davranışlarını etkilediği gözlenmiştir. Kadınların üzüldüğü veya yorgun hissettiği durumlarda yeme miktarını artırma eğilimi göstermesi, Oran ve arkadaşlarının (2017) sosyal medya ve kadın beslenme alışkanlıkları adlı çalışmasındaki bulgularla paralellik göstermektedir. Erkekler ise olumlu ve olumsuz duygularda daha dengeli bir tüketim sergilemektedir.

Fastfood tüketimi erkeklerde daha sık haftalık düzeyde gerçekleşirken, kadınlarda tüketimin daha çok aylık düzeyde tercih edildiği görülmüştür. Bu durum, kadınların beslenme tercihinde sağlık kaygısını erkeklere göre daha çok dikkate aldıklarıyla ilişkilendirilebilir (Girgin ve Alper, 2022).

Bu çalışmadan elde edilen veriler, hanelerin aylık gıda harcamalarında 5.000–10.000 TL ve 10.000–15.000 TL aralıklarının fazla olduğunu göstermektedir. Katılımcıların %88'inin bu iki bütçe dilimi içerisinde harcama yapması, gıda tüketiminde ölçülü, planlı ve daha çok temel ihtiyaçlara yönelik bir davranış modelinin hâkim olduğunu düşündürmektedir. Türkiye'de yapılan benzer çalışmalarda da hanelerin büyük bir kısmının gıda harcamalarını belirli bir bütçe aralığına sabitlediğini ve bu sınırlar içerisinde kalma eğiliminde olduklarını belirtmişlerdir (Güler ve Bilici, 2022).

Yüksek bütçeli gıda harcaması yapan hanelerin sınırlı sayıda olması, tüketim kalıplarının büyük ölçüde tutarlı ve ihtiyaca dayalı olduğunu, lüks ya da aşırıya kaçan harcama davranışlarının örneklemde nadiren görüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu durum, bireylerin gıda tüketiminde ekonomik denge kadar alışkanlıklar, tüketim disiplini ve temel besin gruplarına yönelme gibi faktörleri de dikkate aldığını göstermektedir (Yıldız ve Aytaç, 2021).

Özellikle kalabalık hanelerin de büyük oranda 5.000–15.000 TL aralığında harcama yapması, kişi başına düşen gıda harcamalarının oldukça sınırlı olabileceğini düşündürmektedir. Bu da beslenme çeşitliliği, kalite ve sürdürülebilirlik açısından potansiyel kısıtlamalara yol açabilir. Nitekim, yapılan bazı araştırmalar da kişi sayısı arttıkça harcama tutarlarının artmakla birlikte kişi başına düşen gıda harcamasının azaldığını ortaya koymaktadır (Kavak ve Özdemir, 2020). Bu bağlamda, sadece toplam harcama değil, hane halkı içindeki dağılım ve yeterlilik düzeylerinin de dikkate alınması önem arz etmektedir.

Bu veriler gıda harcamalarının miktarından çok harcamanın planlanma biçiminin önemli olduğunu göstermektedir. Gıda politikalarının belirlenmesinde, yalnızca bütçe düzeyine değil, bu bütçenin hangi hane yapılarında nasıl kullanıldığına yönelik ayrıntılı analizler yapılması gerekmektedir (Şanlıer ve Güler, 2019).

Ankete katılan bireylerin yiyecekleri yaygın tüketme sebeplerinin başında kişisel beğeninin bulunduğu görülmektedir.

Katılımcıların yaklaşık yarısının (%48,5) sadece sevdikleri için yiyecek tükettiğini belirtmesi, beslenme davranışlarının büyük ölçüde haz odaklı bir yapıda şekillendiğini göstermektedir (Köksal ve Ersoy, 2020). Bu durum, daha önceki çalışmalarda da vurgulanan bireysel tercihlerin, özellikle genç yetişkinlerde ve serbest zamanın fazla olduğu gruplarda daha baskın olduğu bulgularıyla paralellik göstermektedir (Yücel ve Baş, 2018).

Tüketilen besinlerin sağlıklı olma sebebiyle tüketilmesi, katılımcıların yalnızca %13,5'i tarafından birincil neden olarak belirtilmiştir. Bu sonuç, bireylerin uzun vadeli sağlık risklerini, anlık zevkten daha geri planda değerlendirdiklerini ve bu nedenle sağlıklı besin tercihlerinin istenilen düzeyde benimsenemediğini göstermektedir (Şanlıer ve Güler, 2019).

Benzer şekilde, ekonomik gerekçelerin (%3,5) oldukça düşük oranda belirtilmesi, çalışmaya katılan bireylerin ekonomik düzeyinin belirli bir standardın üzerinde olabileceğine ya da ekonomik kaygıların beslenme tercihlerine doğrudan etki etmediğine işaret etmektedir. Ancak bu sonuç, örneklem grubunun sosyoekonomik yapısına dair ek verilerle desteklenmediği taktirde genellenmemelidir (Demir ve Bilici, 2021).

Kadınlar tatil dönemlerinde yeni tatlar denemeye daha açıkken (%29,8'i 'Daha önce denemediğim besinleri denerim.' yanıtını vermiştir), erkekler daha çok her zaman tükettikleri ve bildikleri besinlere yönelmektedir (%47,2). Bu durum, beslenme davranışlarının geleneksel rol dağılımı ve çevresel uyaranlar gibi sosyokültürel etkenlerle bağlantılı olduğunu düşündürmektedir (Yılmaz ve Özkan, 2007).

Misafir ağırlama durumlarında hem kadın hem erkek bireyler yemek tercihlerinde 'Yapmayı sevdiğim ve lezzetli yaptığımı düşündüğüm yemekleri hazırlarım.' seçeneğini ön plana çıkarmıştır. Ancak erkekler aynı zamanda kültürel faktörleri de daha fazla önemsemektedir (%20,2 oranla "kendi kültürümüz" etkili yanıtı verilmiştir). Bu durum kadınların sosyal roller gereği beslenme üzerinden kimlik ve gelenek aktarımında daha aktif olduklarını gösteren bir çalışma ile ters düşmektedir (Satır ve ark., 2017).

Likert ölçeği verileri, bireylerin yemek tercihlerinde sağlık ve alışkanlık temelli tercihlere ağırlık verdiğini göstermektedir. 'Besinlerimin sağlıklı olmasına dikkat ederim' ifadesine verilen yanıtların ortalaması 2,1 olup, bu davranışın 'sık sık' tekrarlandığını göstermektedir. Erkeklerin bu konuda daha duyarlı olduğu (1,9 ortalama) gözlemlenmiştir. Bu sonuç, bireysel sağlık bilincinin cinsiyete göre farklılaşabileceğini göstermektedir (Devran ve Saka, 2019).

Görsel ve kokusal uyaranların beslenme tercihleri üzerindeki etkisi, özellikle Likert ölçekli değerlendirmelerle ortaya konulmuştur. Katılımcılar, restoran menülerindeki görsellerin (3,7 ortalama) ve yemek kokularının (3,8 ortalama) pişirecekleri ya da tüketecekleri yemeği nadiren de olsa etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca televizyon ve sosyal medyadaki yemek pişirme videolarının ve görsellerinin evde pişirilecek yemeklere karar verilmesinde zaman zaman büyük bir etkiye sahip olduğu görülmektedir (3,2 ortalama). Bu bulgu, özellikle sosyal medyada ve reklamlarda kullanılan duyusal stratejilerin bireysel tüketim davranışlarını yönlendirdiğini göstermektedir (Oran ve ark., 2017).

Çalışmanın bulguları, besin tüketim sıklığı ve öğünlerdeki besin tercihleri açısından önemli sonuçlar sunmaktadır. Katılımcıların kahvaltıda en çok tükettikleri besinler ekmek, peynir, zeytin ve yumurtadır. Buna karşılık süt, kuru meyve ve çiğ/pişmiş sebze tüketiminin düşük düzeyde gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum, Kara ve Aksoy'un (2020) Türkiye genelinde yaptığı çalışmadaki bulgularla örtüşmektedir. Benzer şekilde, Aydın ve arkadaşlarının (2022) taze meyve ve sebze tüketim düzeyine dair çalışmasında da bu besinlerin düzenli tüketilmediği vurgulanmıştır.

Araştırmada çay ve kahve tüketiminin yaygın olduğu, buna karşın süt ve bitki çayı tüketiminin oldukça az ve dönemsel tüketilebileceği belirlenmiştir.

Bu durum, toplumda geleneksel içecek tercihlerinin yüksek düzeyde ve süt tüketiminin halk sağlığı açısından iyileştirilmesi gereken bir alan olduğunu göstermektedir (Kara ve Aksoy, 2020). Et grubunda ise tavuk ve balık tüketiminin daha yaygın, dana ve kuzu eti tüketiminin daha düşük olduğu görülmüştür (Temel ve Uzundumlu, 2015).

Öğle ve akşam öğünlerinde pirinç pilavı, makarna, etli yemekler ve çorba gibi besinlerin ön plana çıktığı; sebze yemekleri ve kuru baklagillerin daha az sıklıkla tüketildiği gözlenmiştir. Bu sonuçlar, Karataş ve Yıldız (2018) tarafından yapılan bir araştırmada da desteklenmiş olup, bireylerin özellikle öğle ve akşam öğünlerinde daha doyurucu ve geleneksel yemekleri tercih ettikleri, buna karşın sebze ve kurubaklagil gibi lif ve vitamin yönünden zengin besinlerin ikinci planda kaldığı belirtilmiştir.

Çalışmada ayrıca akşam öğünlerinin kahvaltı ve öğleye kıyasla daha düzenli tüketildiği ve aile ile tüketilen ana öğün olarak öne çıktığı düşünülmüştür. Bu bulgu, Aksoy ve arkadaşlarının (2019) çalışmasıyla da örtüşmektedir; söz konusu çalışmada, akşam yemeklerinin aile içi sosyal bir etkinlik olarak görülmesinin bu öğünün daha düzenli ve çeşitli besin gruplarını içerecek şekilde planlanmasına katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Bu bulgular, toplumsal beslenme alışkanlıklarının geleneksel kalıplarla sürdüğünü ancak sağlıklı beslenme açısından gelişim alanlarının bulunduğunu göstermektedir. Özellikle süt ve süt ürünleri ile sebze-meyve tüketiminin artırılması için toplum temelli eğitim ve politika çalışmalarına yönelik stratejiler geliştirilmesi önerilmektedir (Girgin ve Uzun, 2022).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada bireylerin çevresel etkileşimlerinin, özellikle insan ilişkilerinin, beslenme alışkanlıkları üzerindeki etkisini incelenmiştir. Araştırma bulguları, bireylerin beslenme davranışlarında en etkili unsurun kişisel tercih ve damak zevki olduğunu göstermiştir. Ayrıca kadın ve erkek bireyler arasında öğün sayısı, öğün atlama eğilimi, duygusal durumların yeme davranışları üzerine etkisi ve öğün dışı besin tüketimi gibi birçok değişkende anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir.

Katılımcıların büyük çoğunluğunun gıda harcamalarını 5.000–15.000 TL aralığında gerçekleştirdiği ve temel besin maddeleri olan ekmek, yumurta ve peynirin en yaygın tüketilen gıdalar olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte sebze, meyve ve süt gibi besin gruplarının tüketim sıklığının yeterli düzeyde olmadığı, özellikle süt tüketiminin oldukça düşük kaldığı görülmüştür. Ayrıca çay ve kahve gibi alışkanlık temelli içeceklerin tüketiminin yüksek olması, kültürel etkilerin beslenme davranışlarında belirleyici bir rol oynadığını desteklemektedir.

Çalışma kapsamında, kadınların özellikle duygusal değişimlerde daha fazla yemek yeme eğiliminde oldukları, dışarıda yemek tercihlerinde ise daha çeşitli ve deneyim odaklı seçimler yaptıkları anlaşılmıştır. Erkek bireylerin ise alışkanlık temelli ve geleneksel tercihlere yöneldiği gözlemlenmiştir.

Araştırma sonucunda, insan ilişkilerinin, duygusal durumların, kültürel normların ve medyatik içeriklerin bireylerin beslenme davranışları üzerinde oldukça güçlü ve çeşitli etkileri olduğu görülmektedir. Eğitim, yaş, cinsiyet gibi demografik değişkenlerle birlikte bu etkilerin daha detaylı incelenmesi, toplum sağlığının iyileştirilmesine yönelik stratejik politika geliştirme açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında bireylerin beslenme alışkanlıklarının sonuçlarına ilişkin beslenme eğitimi programları verilmelidir. Bu programlar, bireylerin kişisel tercihlerini dikkate alınarak planlanmalı; özellikle sık tüketilen ama sağlıksız olan besin gruplarına alternatif sağlıklı seçenekler sunulmalıdır.

Kadın ve erkek bireylerin beslenme davranışlarındaki farklılıklar göz önünde bulundurularak, toplumsal cinsiyet temelli yaklaşımlarla sağlık politikaları geliştirilebilir.
Süt ve süt ürünleri, sebze ve meyve tüketimini artırmaya yönelik kampanyalar toplumun tüm kesimlerine ulaşabilecek biçimde yürütülmeli; bu ürünlere erişimin kolaylaştırılması teşvik edilmelidir.
Çay ve kahve gibi yüksek tüketim oranlarına sahip içeceklerin yanında su tüketimi artırılmalı, gazlı ve şekerli içeceklerin yerine sağlıklı içecek alternatifleri desteklenmelidir.
Gıda politikaları, sadece bireysel davranışlara değil; hane halkı büyüklüğü, öğün alışkanlıkları ve tüketim nedenlerine göre farklılaştırılmış sosyal destek modellerini de içermelidir.

KAYNAKLAR

1. Şatır, G., Çelik, M., Kemhacıoğlu, M. (2017). Emzirme döneminde olan annelerin bebek besleme alışkanlıkları ve bunları etkileyen faktörler. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 24(3), 60-66.

2. Kabaran, S., Mercanligil, S. M. (2013). Adolesan dönem besin seçimlerini hangi faktörler etkiliyor?. Güncel pediatri, 11(3), 121-127.

3. Devran, B. S., Saka, M. (2019). Lise öğrencilerine verilen beslenme eğitiminin beslenme alışkanlıkları, beslenme bilgi düzeyi ve fiziksel aktivite üzerine etkisi. Beslenme ve Diyet Dergisi, 47(3), 5-14.

4. Yilmaz, E., Özkan, S. (2007). Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının incelenmesi. Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi, 2(6), 87-104.

5. Girgin, G. K., Alper, Uzun. (2022). Balıkesir'de beslenme alışkanlıklarını etkileyen faktörlerin ve algıların incelenmesi. lnternational Journal of Geography and Geography Education, (45), 219-238.

6. Temel, T., Uzundumlu, A. S. (2014). Rize ilinde hanelerin balık tüketimi üzerine etkili olan faktörlerin belirlenmesi. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2(1), 14-22.

7. Küçük, O., Taner, A. G. N., Küçük, Ö. G. N. (2018). Lojistik işlemlerinin işletme performansına etkisi: gıda perakendecileri üzerine bir uygulama, IV. Internatıonal caucasus-central asıa foreign trade and logistics congress.

8. Günlü, Z., Derin, D. (2012). Televizyon reklamlarının okul çağı çocuklarının besin seçimi üzerine etkilerinin bir incelemesi. Selçuk İletişim, 7(3), 62-77.

9. Oran, N. T., Toz, H., Küçük, T., Uçar, V. (2017). Medyanın kadınların beslenme alışkanlıkları, besin seçimi ve tüketimi üzerindeki etkileri. Life Sciences, 12(1), 1-13.

10. Canetti, L., Bachar, E., Berry, E. M. (2002). Food and emotion. Behavioural Processes, 60(2), 157–164.

11. Rozin, P., Fischler, C., Imada, S., Sarubin, A., Wrzesniewski, A. (2003). Attitudes to food and the role of food in life in the U.S.A., Japan, Flemish Belgium and France. Appetite, 40(2), 163–180.

12. Oran, N. T., Toz, E., Küçük, Y., & Uçar, A. (2017). Medyanın kadınların beslenme alışkanlıkları, besin seçimi ve tüketimi üzerindeki etkileri. Life Sciences, 26(3), 45–52.

13. Güler, G., Bilici, S. (2022). Türkiye'de hane halklarının beslenme harcamaları: Yapısal analiz ve değerlendirme. Beslenme ve Toplum Dergisi, 9(2), 33-48.

14. Kavak, B., Özdemir, M. (2020). Hane halkı büyüklüğü ve tüketim eğilimleri: Gıda harcamaları özelinde bir değerlendirme. Tüketici ve Pazar Araştırmaları Dergisi, 12(1), 56-70.

15. Şanlıer, N., Güler, G. (2019). Sağlıklı beslenme davranışlarının ekonomik belirleyicileri üzerine bir inceleme. Halk Sağlığı ve Beslenme Araştırmaları Dergisi, 4(1), 22-30.

16. Yıldız, A., Aytaç, A. (2021). Hane halkı tüketim kalıplarında harcama disiplini ve davranışsal eğilimler. Aile ve Tüketici Bilimleri Dergisi, 14(1), 11-27.

17. Köksal, E., Ersoy, Y. (2020). Bireylerin besin tercihlerini etkileyen psikolojik ve çevresel faktörler. Gıda ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 6(3), 125-132.

18. Şanlıer, N., Güler, G. (2019). Sağlıklı beslenme algısı ve davranışı üzerine bir değerlendirme. Halk Sağlığı ve Beslenme Araştırmaları Dergisi, 4(1), 14-22.

19. Yücel, N., Baş, M. (2018). Üniversite öğrencilerinde fast food tüketim alışkanlıkları ve etkileyen etmenler. Türk Klinik Beslenme Dergisi, 12(1), 45-51.

20. Demir, S., Bilici, S. (2021). Yetişkin bireylerin beslenme davranışlarının incelenmesi: Sosyoekonomik düzeyin etkisi. Toplum ve Sağlık Dergisi, 11(1), 34-45.

21. Satır, D., Çelik, H. T., Kemhacıoğlu, A. (2017). Çevresel faktörlerin çocukların beslenme alışkanlıklarına etkisi. Beslenme ve Diyetetik Dergisi, 45(1), 12–20.

22. Oran, M., Toz, T., Küçük, M. ve Uçar, R. (2017). Sosyal medya ve kadınların beslenme alışkanlıkları üzerine etkileri. Kadın ve Toplum Dergisi, 8(2), 68-79.

23. Kara, S. ve Aksoy, A. (2020). Türkiye'de süt tüketim alışkanlıkları üzerine bir değerlendirme. Beslenme ve Diyetetik Dergisi, 28(3), 155-162.

24. Aydın, M., Öztürk, B., Yılmaz, T. (2022). Taze meyve ve sebze tüketim sıklığı üzerine bir araştırma. Gıda ve Beslenme Araştırmaları Dergisi, 10(1), 45-53.

25. Temel, H. ve Uzundumlu, A.S. (2015). Türkiye'de balık tüketim alışkanlıkları. Tarım Ekonomisi Dergisi, 21(1), 75-83.

26. Karataş, H. ve Yıldız, F. (2018). Öğle ve akşam öğünlerinde besin tercihleri: Bölgesel bir araştırma. Toplum ve Sağlık Dergisi, 6(2), 77-85.

27. Aksoy, B., Demir, G., ve Yıldız, S. (2019). Aile içi ilişkilerin akşam öğünü tercihleri üzerindeki etkisi. Beslenme ve Sağlık Dergisi, 15(2), 145-153.

28. Girgin, M. ve Uzun, Z. (2022). Beslenme alışkanlıkları ve yaşam tarzı ilişkisi: Derleme. Beslenme ve Sağlık Dergisi, 14(1), 22-34.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TARIMSAL ZARARLI *B. tabaci* TÜRÜNE KARŞI GELİŞTİRİLEN MÜCADELE YÖNTEMLERİ VE ENTEGRE ZARARLI YÖNETİMİ

Öğr. Gör. Dr. Ömer YÜZER
Doğuş Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı
ORCID: 0000-0003-0209-324X

ÖZET
Beyazsinek (*Bemisia tabaci*) tarımsal üretimde en önemli zararlılardan biridir. Bitki floem özsuyuyla beslenerek bitkilerin gelişimini yavaşlatmakta, yaprakların solmasına neden olmakta ve bitkinin tamamen kaybına kadar gidebilen zararlara yol açmaktadır. Ayrıca virüs hastalıklarının vektörlüğünü yaparak ürün kayıplarını arttırmaktadır. *B. tabaci*'nin 110'dan fazla virüsün taşıyıcısı olduğu bilinmektedir. Bunlardan pamuk yaprak kıvırma virüsü (CLCV) ve domates sarı yaprak kıvrılması virüsü (TYLCV) dünya çapında mahsullere en çok zarar veren virüsler arasındadır. İlk kez 1889'da Yunanistan'da Gennadius tarafından tanımlanan tür, küresel sıcaklık değerlerinin artması ile birlikte Dünya'da Antarktika kıtası haricinde tropikal ve subtropikal iklimin görüldüğü tüm alanlarda yayılış göstermektedir. Geçmişten günümüze tarımsal alanlarda zararlıya karşı mücadele yönetiminde birçok yöntem kullanılmıştır. Bunların başında, kültürel, biyolojik, biyoteknik ve kimyasal mücadele gibi çeşitli yöntemler gelmektedir. Bu yöntemler içerisinde özellikle kimyasal mücadele yönetimi uzun süreler boyunca, düşük maliyet ve geniş etkinlik alanlarında sağlamış olduğu başarı ile öne çıkmıştır. Kullanıma başladıkları ilk yıllardan itibaren uzun bir süre boyunca kimyasal ilaçlar tarımsal alanlardaki verimi yüksek oranda arttırmışlardır. Lakin kimyasal mücadele yönetiminin kontrollü bir şekilde sağlanamaması sonucunda tarımsal alanlarda türün uygulanan kimyasallara karşı direnç gelişimini bildiren sonuçlar artarak devam etmiştir. Son yıllarda kimyasal mücadeleye karşı direnç gelişimi ile sonuçlanan mücadele yönetimi neticesinde, tarımsal alanlarda entegre zararlı yönetimi (IPM) kavramı öne çıkmıştır. Bu çalışmada, tarımsal alanlarda oldukça etkili bir zararlı olan *B. tabaci* türüne karşı uygulanan çeşitli mücadele yöntemleri yer almaktadır.
Anahtar Kelimeler: *Bemisia tabaci*, tarım, kimyasal kontrol, Entegre Zararlı Yönetimi (EZY).

STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT OF THE AGRICULTURAL PEST *B. tabaci* AND INTEGRATED PEST MANAGEMENT (IPM)

ABSTRACT
The whitefly (*Bemisia tabaci*) is one of the most significant pests in agricultural production. It feeds on plant phloem sap, slowing plant growth, causing leaves to wilt, and leading to damage that can result in the complete loss of the plant. It also acts as a vector for viral diseases, increasing crop losses. *B. tabaci* is known to be a carrier of more than 110 viruses. Among these, cotton leaf curl virus (CLCV) and tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) are among the viruses that cause the most damage to crops worldwide. First identified in Greece in 1889 by Gennadius, the species is now found in all areas of the world with tropical and subtropical climates, except Antarctica, due to rising global temperatures. Over the years, many methods have been used to control this pest in agricultural areas. At the forefront of these are various methods such as cultural, biological, biotechnical and chemical control. Among these methods, chemical control management has stood out for its success over long periods of time, low cost and wide range of effectiveness.

From the very first years of their use, chemical pesticides significantly increased yields in agricultural areas for a long time. However, as a result of the inability to ensure controlled chemical control management, the number of cases reporting the development of resistance to the chemicals used in agricultural areas has continued to increase. In recent years, as a result of pest control management leading to resistance development against chemical control, the concept of integrated pest management (IPM) has come to the fore in agricultural areas. This study covers various control methods applied against *B. tabaci*, a highly effective pest in agricultural areas.
Keywords: *Bemisia tabaci*, agriculture, chemical control, Integrated Pest Management (IPM).

INTRODUCTION

Whiteflies are a large family known as Aleyrodidae, found throughout all regions of the world with temperate climates. Over 1300 species of whiteflies have been identified to date. One of these is *Bemisia tabaci*, which is approximately 1 mm in size. It has been determined that the males of this species are smaller than the females. In nature, *B. tabaci* feeds and causes damage by settling on the underside of plant leaves and feeding through the phloem. While feeding with their piercing-sucking mouthparts, they secrete a substance called fumagine. This substance causes sooty mould formation and leads to the emergence of many plant diseases. Additionally, the species acts as a vector for numerous viruses, which also contribute to the development of plant diseases (Uygun and Elekçioğlu, 1990; Cohen et al. 1998; Şahin, 2012; Fahmy and Abou-Ali, 2015; Yükselbaba, 2015).

There are numerous biotypes of this species that cannot be distinguished morphologically. The best known of these are the B and Q biotypes. The B biotype is also known as the MEAM 1 biotype. The Q biotype may also be referred to as the MED biotype. These are considered the most harmful biotypes and are found globally. These two biotypes have spread across more than 50 countries, forming infestations and competing with each other, causing common damage to different plant species. Among *B. tabaci* biotypes, differences are observed in many aspects, such as insecticide resistance, host plant preference, and geographical distribution. These differences enable the biotypes to compete (Muniz, 2000; Muniz and Nombela, 2001; McKenzie et al., 2004; Pascual and Callejas, 2004; Horowitz et al., 2005; Castle et al., 2010).

B. tabaci is an economically significant pest that causes damage to over 600 plant species worldwide. Although chemical control is widely used in agricultural areas today, the development of resistance has necessitated the development of new strategies. This study focuses on control methods applied in agricultural areas against *B. tabaci* and integrated pest management.

Cultural Control

Among the cultural methods used in the control of whiteflies, there are various methods that have long been known and applied by farmers. Cultural control methods consist of practices carried out with the aim of minimising the losses and damage caused by pests to economically acceptable levels by manipulating and regulating the components of agricultural areas (Hilje et al., 2001). Although *B. tabaci* is a polyphagous pest species, studies in the literature indicate that host plants are largely influential in determining the species' future. These studies, conducted on different host plants, show that the species exhibits no feeding or reproductive behaviour on some host plants or prefers some host plants relatively less.

Furthermore, due to differences arising from the varying reproductive capabilities of the species' natural enemies, parasites, on different host plants, it has been demonstrated that effective control of the species can be achieved through the implementation of host plant rotation (Nombela and Muniz, 2010; Shah et al., 2013; Malık and Karut, 2014; Shah et al., 2015). Similar studies have shown that populations can be controlled by creating barriers using host plants that are less preferred by whiteflies, interspersed with host plants that are more preferred by whiteflies in agricultural areas. There are various applications involved in this method, which is frequently used, particularly in the Middle East (Al-Musa, 1982; Ioannou, 1997; Hilje et al., 2001). The whiteflies has been reported to be present on more than 600 plant species to date. In addition, it acts as a carrier for more than 110 plant viruses, hindering the development of host plants. This situation can lead to the emergence of many diseases. In this context, creating fallow periods in agricultural areas and their surroundings offers an important strategy for controlling whitefly populations and, consequently, the spread of the viruses they carry. This strategic approach aims to limit the mass migration of whitefly populations to new hosts following the end of the harvest (Hilje et al., 2001; Jones, 2003; Hogenhout et al., 2008; Fahmy and Abou-Ali, 2015; Satar and Ulusoy, 2016). Excessive dust in fields can reduce the effectiveness of natural enemies such as predatory insects and parasitoids. Dust can cause outbreaks of secondary pests, particularly spider mites. This is because these pests are unaffected by dust and may even gain an advantage in some circumstances. Windbreaks, such as tree or shrub barriers, reduce wind-borne dust, while cover crops limit dust formation by preventing the soil from being exposed. However, it has been determined that fertiliser use and irrigation methods are important for controlling whitefly populations. In particular, excessive use of nitrogen fertilisers leads to an increase in nitrogen compounds, such as free amino acids, in the leaves. This improves the nutritional quality for pests that feed through the phloem and causes their populations to increase rapidly. However, the natural enemies of these species do not increase at the same rate. As a result, pests experience population growth at a rate that outpaces their natural enemies (Elango et al., 2020; Abubakar et al., 2022). In addition, various cultural control methods are applied in agricultural areas, such as the removal of weeds and disposal of plant waste, the regulation of sowing dates, the use of coloured sticky traps, and the selection of resistant plant varieties (Hilje et al., 2001).

Biological Control

Biological control in agricultural areas consists of methods based on the use of living organisms against pests. Many types of organisms can be used in biological control. In the control of whiteflies, insect species, parasites, that feed on whiteflies, bacteria and fungi are particularly useful. The success of each of these organisms in providing control depends on certain parameters. When appropriate parametric conditions are provided, successful results have been achieved in suppressing whitefly populations (Prayogo and Bayu, 2020).

Parasitoid organisms, which feed on host organisms and often cause their death after a certain period, offer important advantages for biological control. Many parasitoids are used in the field to control whitefly populations. The most well-known of these are species such as *Eretmocerus mundus* and *Encarsia formosa*. *E. formosa* is a highly effective control agent. They offer successful control management in agricultural areas when parametric conditions such as humidity, temperature, and sufficient population sizes are met. They can be purchased for active application as part of biological control. This species, which has been actively used in biological control since the early 1990s, is particularly effective in protecting whitefly populations of commonly consumed vegetable and fruit species.

As chemical control applications are likely to reduce *E. formosa* populations, biological pesticides should be used instead of chemical insecticides in the biological control process with *E. formosa*. Thus, in areas with high whitefly populations, *E. formosa* populations develop rapidly and provide successful control (Stansly and Liu, 1997; Hoddle et al., 1998; Zandi-Sohani, 2011; van Lenteren, 2012; van Lenteren et al., 2018; Kheirodin et al., 2020; Li et al., 2023; Milenovic et al., 2023). Species belonging to the genus *Eretmocerus* are used to control whiteflies. Specifically, species such as *E. mundus* can produce results at least as effective as *E. formosa* in controlling whitefly populations. In fact, they can sometimes be more effective (Urbaneja et al., 2007; Greenberg et al., 2008; Karut et al., 2018).

Endomopathogenic fungi are organisms with a simple life cycle. These organisms, which are effective against many insect groups, are considered reliable agents within the scope of biological control. They cause infection by settling on the cuticle layer of insects. *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* are among the most commonly used organisms for controlling whitefly populations. Both fungal species can be purchased for biological control purposes. The success rate in agricultural fields increases when the necessary parametric conditions are met. Humidity and temperature are particularly important among these parametric conditions. When these two parameters are at optimal levels for the development of endomopathogenic fungi, the success rate in the field increases (Islam et al., 2010; Zou et al., 2014; Tian et al., 2015; Gao et al., 2017; Wei et al., 2020).

There are many organisms in nature that prey on and feed on various insect groups. These predatory species help keep insect populations under control. Whiteflies also have many natural predators in nature. Studies indicate that there are more than 150 such insect species. Some of these species are purchased by farmers for use in agricultural areas as part of biological control. The best known of these species are *Macrolophus pygmaeus* and *Chrysoperla carnea*. These highly effective species can be effective even with populations consisting of low numbers of individuals. However, insecticides applied in agricultural areas also directly affect these species. Furthermore, it should be noted that the population dynamics of these species are also affected by factors such as temperature and wind. Therefore, although they demonstrate high effectiveness in the field, they are not considered/preferred as a safe control method on their own. They should be used in conjunction with other methods as part of a successful control management strategy. This will increase the success of control in the field (Zia et al., 2008; Sylla et al., 2016; Alghamdi et al., 2018; Kheirodin et al., 2020; Rehman et al., 2020).

Although studies indicate that entomopathogenic bacteria, particularly *Bacillus thuringiensis* species, may have a limited effect when used to combat whiteflies, their effectiveness in the field has not been fully determined/accepted (Chougule and Bonning, 2012).

Chemical Control

Since their first use in controlling whiteflies, chemical pesticides have been considered the most effective method. However, *B. tabaci*'s short generation time, high reproductive capacity, and genetic diversity have led to the rapid development of resistance to insecticides (Perring, 2001). This situation challenges not only the sustainability but also the effectiveness of chemical control strategies. In the chemical control of *B. tabaci*, classic insecticide classes such as carbamates, organophosphates, organochlorines, and pyrethroids have been used extensively since the 1940s and 1950s. When first introduced, these insecticides were highly effective in suppressing pest populations. However, due to frequent use, genetic variation within the species, and uncontrolled application, insecticide resistance developed rapidly.

Resistance mechanisms typically involve target site mutations and metabolic detoxification pathways such as P450 monooxygenases and esterases. In the past, insecticide groups such as carbamates, organophosphates, organochlorines, and synthetic pyrethroids were widely used to combat *B. tabaci*. However, most of these substances are now largely restricted or banned due to their toxicity risks to human health, high environmental persistence, and harm to natural enemies (Shahid et al., 2022).

DDTs are the most well-known organochlorine group of insecticides. Although they were first synthesised in 1874, their insecticidal effects were discovered in 1939 (Nikodym, 2021). Initially possessing high levels of efficacy, these chemicals have since been reported to have endocrine-disrupting effects. This has been linked to reproductive and developmental disorders. The chemical stability, low volatility, and fat solubility of organochlorines, in addition to their toxicity, cause them to accumulate in the body. In 1972 in the United States and in 1983 in Turkey, among many other countries, their use has been banned for various reasons, primarily due to their toxic effects and persistence in the environment (Brooke and Koekemoer, 2010; Özkaya et al., 2013). Over time, these have been replaced by pyrethroid insecticides (Naveen et al., 2017).

Carbamates and organophosphates were first used around 1940-50. They are acetylcholinesterase inhibitors that have been used for many years to control *B. tabaci* populations (Nikodym, 2021; Wang et al., 2023). Today, there are approximately 200 organophosphate group insecticides. Examples include malathion, diazinon, parathion, and dichlorvos. These compounds, which are also highly toxic to mammals, can permanently inhibit the cholinesterase enzyme. Compared to organochlorine group insecticides, they are less persistent in the environment but have higher acute toxicity (Özkaya et al., 2013; Jayaraj et al., 2016). Organophosphate and carbamate group insecticides target the AChE enzyme. As a result, they cause acetylcholine accumulation in the nervous system. They exert their effects by binding to the serine amino acid in the active site of AChE, inhibiting the enzyme reversibly or irreversibly at low levels. The intensive and uncontrolled use of these insecticides has led to the development of resistance in agricultural pests (Taşkın et al., 2007; Siegfried, 2009; Yorulmaz and Ay, 2010; Mitra et al., 2011). Insecticide resistance is generally associated with a decrease in the sensitivity of the AChE enzyme. In addition, it contributes to the development of high levels of resistance by accompanying metabolic resistance mechanisms. Mutated acetylcholinesterase provides strong resistance to organophosphates and carbamates. Resistance development typically arises from point mutations occurring in Ace genes. These mutations alter the enzyme's acetylcholine hydrolysis kinetics and increase insensitivity to insecticides (Silva et al., 2012; Bass et al., 2014; Duneau et al., 2018; Hopkinson et al., 2020).

Pyrethroid insecticides were developed in the 1960s and 1970s. These insecticides, which target sodium channels, have been used to control *B. tabaci*. They replaced organochlorine and organophosphate insecticides in the 1970s and 1980s (Naveen et al., 2017). Pyrethroids are insecticides derived from the chrysanthemum plant and categorised as Type I and Type II (Çakır and Yamanel, 2005; Rinkevich et al., 2006). Both categories affect the permeability of sodium channels in nerve transmission. Mammals are less sensitive to these insecticides than insects. This is because mammals have a faster metabolism and lower dermal absorption, resulting in lower toxic effects. Pyrethroids account for approximately 25% of the global insecticide market (Brooke and Koekemoer, 2010; Taşkın et al., 2011; Özkaya et al., 2013). Voltage-gated sodium channels (VGSC) are targeted by organochlorine and pyrethroid insecticides.

These insecticides interfere with the opening and closing kinetics of VGSC, causing delayed inactivation. Thus, sodium flow continues and sustained action potentials lead to paralysis and death of the insect (Catterall, 2000; Hemingway et al., 2004; Syafruddin et al., 2010; Bursalı, 2013; Dong et al., 2014). The development of resistance to pyrethroid insecticides as a result of their uncontrolled use has been reported in various studies (Roditakis et al., 2006; Alon et al., 2008; Farghaly 2010a; Wei et al., 2021).

Neonicotinoids are insecticides that have gradually been used to replace pyrethroid insecticides. They were first used in 1991, with imidacloprid being the most well-known. Since their introduction, they have been among the most widely used insecticides worldwide. They have low toxicity and high efficacy, making them considered a reliable chemical control method. They exert their effects on nicotinic acetylcholine receptors. Although they are a newer insecticide, as with other insecticides, there have been reports of resistance development in the field (Tomizawa and Casida, 2005; Jeschke et al., 2011; Matsuda et al., 2020).

Integrated Pest Management (IPM)

Because *B. tabaci* is one of the top 100 most invasive species in agricultural areas, developing a management strategy to combat this species is of great importance (Campbell et al., 2023). Chemical control has been the most widely used method to keep *B. tabaci* populations under control due to its high levels of effectiveness, ease of application, and affordability (Horowitz et al., 2011). Chemical control management, long considered the most effective control method, has also brought with it many problems. Chemical pesticides do not only affect pest populations. They also affect the natural enemies of the pest, which disrupts biological control. Furthermore, pesticide residues are a major contributor to environmental pollution. Pesticide residues accumulate not only in the environment but also in agricultural products. Today, pesticide residues in vegetables and fruits can lead to various market restrictions. This situation causes the number of permitted and effective active ingredients to gradually decrease over time (Calvo et al., 2009).

To achieve success in chemical control, certain rules must be strictly followed. Chief among these rules is the application of chemical pesticides in accordance with the dosage and dilution factors specified on the product label. Unconscious intensive use of chemical control causes the development of resistant strains, which will make it difficult to control the pest (Horowitz et al., 2020). Chemical control should be evaluated and implemented in the context of selectivity and local efficacy levels. Rotation should be applied among the structural composition types of the chemical pesticides used, and non-chemical control methods should be integrated into chemical control management (Sparks and Nauen, 2015; Horowitz et al., 2020). Natural enemies generally do not provide successful control management on their own. They significantly reduce pest populations and should therefore be supported by other control methods. They should be supported by cultural control methods, especially to prevent the spread of viral diseases caused by *B. tabaci* (Naranjo, 2001).

The use of resistant plants makes a meaningful contribution to pest management. Natural enemies must be correctly selected, applied and supported by auxiliary methods. This enables easier and more effective pest management when chemical pesticides are deemed necessary. Additionally, educating and supporting farmers is extremely important. The necessary support and training plans can be managed under the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) (Sparks and Nauen, 2015). Integrated pest management aims to use all methods applied and implemented, primarily cultural, biological, and chemical methods used in whitefly populations, in an integrated manner (Horowitz et al., 2011).

Each method applied constitutes one of the cornerstones of IPM. Appropriately integrated management strategies not only ensure the control of pest populations in the field but also alleviate concerns regarding existing or potential contamination of the environment and food. It becomes an approach that takes into account social interests such as public health and reliable food consumption. The necessary IPM management strategies must be developed taking into account temporal and spatial conditions, and the development of resistance to chemical control agents integrated into IPM must be regularly monitored in the field.

RESULTS AND DISCUSSION

The fight against pests in agricultural areas has been a significant and challenging process from the past to the present day. The genetic diversity of many pest species and the resistance developing in populations complicate management strategies. Whitefly populations are among the most difficult species to control in the field and are one of the leading pests causing high yield losses if left unchecked. For this reason, chemical control has long been the primary method used to keep whitefly populations under control, due to both its ease of application and high levels of effectiveness. However, uncontrolled applications in pest management have resulted in the development of resistance in the pest to the chemical pesticides used to control it. Resistance development not only leads to an increase in pest populations. However, higher and more frequent doses applied to control harmful populations lead to a decline in the species' natural enemies. Although many insecticides have been used in the field for pest management from the past to the present, the development of resistance has created an inevitable scenario. In this case, in order to ensure effective pest management, the aim is to reduce the chemical pressure on pest populations and prevent the rapid development of resistance by supporting chemical control with cultural and biological control methods rather than applying chemical control alone. Many cultural control methods offer significant opportunities for suppressing pest populations. It has also been noted that population explosions can be prevented by regulating abiotic factors such as irrigation and fertilisation. Furthermore, integrating biological control agents into cultural control methods can achieve a high degree of success in the field. This approach can be successful in situations where it is deemed necessary, using infrequent chemical applications within the label information instead of high-volume, frequent chemical control to suppress harmful populations. The aim is to suppress the development of resistance in the field. Furthermore, the integrated functioning of the fundamental IPM building blocks offers an environmentally friendly approach. In this context, instead of relying solely on the use of chemical pesticides in the field, an effective and sustainable control management approach should be adopted and implemented within the framework of IPM.

REFERENCES

Abubakar, M., Koul, B., Chandrashekar, K., Raut, A. and Yadav, D. (2022). Whitefly (*Bemisia tabaci*) management (WFM) strategies for sustainable agriculture: A review. *Agriculture*, *12*(9), 1317.

Al-musa, A. (1982). Incidence, Economic Importance, and Control of Tomato Yellow Leaf Curlin Jordan. *Plant disease*, *66*(7), 561.

Alghamdi, A., Al-Otaibi, S. and Sayed, S. M. (2018). Field evaluation of indigenous predacious insect, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in controlling aphids and whiteflies in two vegetable crops. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*(1), 20.

Alon, M., Alon, F., Nauen, R. and Morin, S. (2008). Organophosphates' resistance in the B-biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is associated with a point mutation in an ace1-type acetylcholinesterase and overexpression of carboxylesterase. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38, 940–949.

Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., Foster, S. P., Gutbrod, O., Nauen, R., Slater, R. and Williamson, M. S. (2014). The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect biochemistry and molecular biology*, 51, 41-51.

Bedford, I.D., Briddon, R.W., Brown, J.K., Rosell, R.C. and Markham, P.G. (1994). Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Annals of Applied Biology*, 125, 311–325.

Boykin, L.M., Shatters, R.G. Jr, Rosell, R.C., McKenzie, C.L., Bagnall, R.N., De Barro, P. and Frohlich, D.R. (2007). Global relationships of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) revealed using Bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44, 1306–1319.

Boykin, L.M., Armstrong, K.F., Kubatko, L. and De Barro, P. (2012). Species delimitation and global biosecurity, *Evolutionary Bioinformatics*, 8, 1–37.

Boykin, L.M. and De Barro, P.J. (2014). A practical guide to identifying members of the *Bemisia tabaci* species complex: and other morphologically identical species, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 45, 1–5.

Brooke, B.D. and Koekemoer L.L. (2010). Major Effect Genes or Loose Confederations? The Development of Insecticide Resistance in the Malaria Vector *Anopheles Gambiae*. *Parasites and Vectors* 3(1): 74. http://www.parasitesandvectors.com/content/3/1/74.

Brown, J.K., Frohlich, D.R. and Rosell, R.C. (1995). The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex?. *Annual Review of Entomology*, 40, 511–534.

Bursalı, F. (2013). *Akdeniz ve Ege bölgelerinde Anopheles maculipennis kompleksinde Kdr mutasyonuna dayalı insektisit direncinin belirlenmesi* (Master Thesis). Adnan Menderes University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydın, Türkiye.

Calvo, F. J., Bolckmans, K. and Belda, J. E. (2009). Development of a biological control-based Integrated Pest Management method for *Bemisia tabaci* for protected sweet pepper crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *133*(1), 9-18.

Campbell, L. I., Nwezeobi, J., van Brunschot, S. L., Kaweesi, T., Seal, S. E., Swamy, R. A., ... and Colvin, J. (2023). Comparative evolutionary analyses of eight whitefly *Bemisia tabaci* sensu lato genomes: cryptic species, agricultural pests and plant-virus vectors. *BMC genomics*, *24*(1), 408.

Castle, S. J., Palumbo, J. C., Prabhaker, N., Horowitz, A. R. and Denholm, I. (2010). Ecological determinants of *Bemisia tabaci* resistance to insecticides. *Bemisia: Bionomics and management of a global pest*, 423-465.

Catterall, W.A. (2000). From ionic currents to molecular mechanisms: the structure and function of voltage-gated sodium channels. *Neuron*, 26(1): 13-25.

Chougule, N. P. and Bonning, B. C. (2012). Toxins for transgenic resistance to hemipteran pests. *Toxins*, *4*(6), 405-429.

Chu, D., Wan, F.H., Zhang, Y.J. and Brown, J.K. (2010). Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008. *Environmental Entomology*, 39, 1028–1036.

Cohen, L.G., Zıemann, U., Chen, R., Classen, J., Hallett, M., Gerloff, C. and Butefisch, C. (1998). Studies of neuroplasticity with transcranial magnetic stimulation. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15: 305–324.

Çakır, Ş. and Yamaner, Ş. (2005). Böceklerde insektisidlere direnç. *Ahi Evran University Journal of Kırşehir Education Faculty*, 6, 21-29.

Dângelo, R.A.C., Michereff-Filho, M., Campos, M.R., da Silva, P.S. and Guedes, R.N.C. (2018). Insecticide resistance and control failure likelihood of the whitefly *Bemisia tabaci* (MEAM1; B biotype): a neotropical scenario, *Annals of Applied Biology*, 172, 88–99.

De Barro, P.J., Liu, S.S., Boykin, L.M. and Dinsdale, A. (2011). *Bemisia tabaci*: a statement of species status, *Annual Review of Entomology*, 56, 1–19.

Dong, K., Du, Y., Rinkevich, F., Nomura, Y., Xu, P., Wang, L., Silver, K. and Zhorov, B. S. (2014). Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. *Insect biochemistry and molecular biology*, 50, 1-17.

Duneau, D., Sun, H., Revah, J., San Miguel, K., Kunerth, H. D., Caldas, I. V., Messer, P. W., Scott, J. G. and Buchon, N. (2018). Signatures of insecticide selection in the genome of *Drosophila melanogaster*. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 8(11), 3469-3480.

Elango, K., Sobhana, E., Sujithra, P., Bharath, D. and Ahuja, A. (2020). Traditional agricultural practices as a tool for management of insects and nematode pests of crops: An overview. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *8*(3), 237-245.

Ellsworth, P. C. and Martinez-Carrillo, J. L. (2001). IPM for *Bemisia tabaci*: a case study from North America. *Crop protection*, *20*(9), 853-869.

Erdogan, C., Toprak, U. and Gurkan, M. O. (2024). Biochemical and molecular analyses of insecticide resistance in greenhouse populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Türkiye. *Phytoparasitica*, *52*(2), 41.

Fahmy, I.F. and Abou-Ali, R.M. (2015). Studying genetic diversity of whitefly *B. tabaci* Egyptian isolates in relation to some worldwide isolates, *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13, 87–92.

Farghaly, S.F. (2010a). Identification of mutations in the *Bemisia tabaci* (Genn.) para sodium cannel gene associated with resistance to pyrethroids. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 88, 153–165.

Gao, T., Wang, Z., Huang, Y., Keyhani, N. O. and Huang, Z. (2017). Lack of resistance development in *Bemisia tabaci* to *Isaria fumosorosea* after multiple generations of selection. *Scientific Reports*, *7*(1), 42727.

Greenberg, S. M., Jones, W. A. and Liu, T. X. (2008). *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) instar effects on rate of parasitism by *Eretmocerus mundus* and *Encarsia pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Entomological Science*, *11*(1), 97-103.

Gullan, P.J. and Cranston, P.S. (2004). The insect Blackwell publishing. Davis USA: Department of Entomology, University of California.

Hemingway, J., Hawkes, N. J., McCarroll, L. and Ranson, H. (2004). The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insect biochemistry and molecular biology*, *34*(7), 653-665.

Hilje, L., Costa, H. S. and Stansly, P. A. (2001). Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop protection*, *20*(9), 801-812.

Hoddle, M. S., Van Driesche, R. G. and Sanderson, J. P. (1998). Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annual review of entomology*, *43*(1), 645-669.

Hogenhout, S.A., Ammar, E.D., Whitfield, A.E. and Redinbaugh, M.G. (2008). Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annual Review of Phytopathology*, 46, 327–359.

Hopkinson, J., Pumpa, S., van Brunschot, S., Fang, C., Frese, M., Tay, W. T. and Walsh, T. (2020). Insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australian cotton production valleys. *Austral Entomology*, *59*(1), 202-214.

Horowitz, A.R., Gorman, K., Ross, G. and Denholm, I. (2003). Inheritance of pyriproxyfen resistance in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Q biotype). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 54, 177–186.

Horowitz, A.R., Kontsedalov, S., Khasdan, V. and Ishaaya, I. (2005). Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance, *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 58, 216–225.

Horowitz, A. R., Antignus, Y. and Gerling, D. (2011). Management of *Bemisia tabaci* whiteflies. In *The Whitefly, Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae) interaction with geminivirus-infected host plants: Bemisia tabaci, host plants and geminiviruses* (pp. 293-322). Dordrecht: Springer Netherlands.

Horowitz, A. R., Ghanim, M., Roditakis, E., Nauen, R. and Ishaaya, I. (2020). Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. *Journal of Pest Science*, *93*(3), 893-910.

Ioannou, N. (1997). Management of the whitefly-virus complex. *FAO plant production and protection papers*.

Islam, M. T., Castle, S. J. and Ren, S. (2010). Compatibility of the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana* with neem against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, on eggplant. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *134*(1), 28-34.

Jayaraj, R., Megha, P. and Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary toxicology*, *9*(3-4), 90.

Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M. and Elbert, A. (2011). Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of agricultural and food chemistry*, *59*(7), 2897-2908.

Jones, D.R. (2003). Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 195–219.

Karut, K., Kazak, C. and Döker, İ. (2018). Potential of single and combined releases of *Eretmocerus mundus* and *Macrolophus melanotoma* to suppress *Bemisia tabaci* in protected eggplant. *Biological Control*, *126*, 1-6.

Kheirodin, A., Simmons, A. M., Legaspi, J. C., Grabarczyk, E. E., Toews, M. D., Roberts, P. M., Chong, J., Snyder, W. E. and Schmidt, J. M. (2020). Can generalist predators control *Bemisia tabaci*?. *Insects*, *11*(11), 823.

Kontsedalov, S., Zchori-Fein, E., Chiel, E., Gottlieb, Y., Inbar, M. and Ghanim, M. (2008). The presence of Rickettsia is associated with increased susceptibility of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides. *Pest Management Science*, 64, 789–792.

Li, M. J., Zhang, B., Chen, G. H., Zhou, S. W., Liu, J. H., Lu, M., Zhang, J. L., Yang, S. W. and Zhang, X. M. (2023). Effects of short-term extreme temperature treatment on the development and reproductive capacity of *Encarsia formosa*. *Frontiers in Physiology*, *14*, 1187743.

Liu, S.S., Colvin, J. and De Barro, P.J. (2012). Species concepts as applied to the whitefly *Bemisia tabaci* systematics: how many species are there?. *Journal of Integrative Agriculture*, 11, 176–186.

Malık, A. A. Y. and Karut, K. (2016). Parasitism of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) by *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) on different crops. *Turkish Journal of Biological Control*, *3*(1), 63-68.

Matsuda, K., Ihara, M. and Sattelle, D. B. (2020). Neonicotinoid insecticides: molecular targets, resistance, and toxicity. *Annual review of pharmacology and toxicology*, *60*(1), 241-255.

McKenzie, C.L., Anderson, P.K. and Vİllarreal, N. (2004). An Extensive Survey of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Agricultural Ecosystems in Florida. *Florida Entomologist*, 87 (3), 403-407.

Milenovic, M., Ripamonti, M., Eickermann, M., Rapisarda, C. and Junk, J. (2023). Changes in longevity, parasitization rate and development time of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* under future climate conditions. *Biological Control*, *186*, 105354.

Mitra, A., Chatterjee, C. and Mandal, F. B. (2011). Synthetic chemical pesticides and their effects on birds. *Research Journal of Environmental Toxicology*, *5*(2), 81-96.

Muniz, M. (2000). Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95(1), 63-70.

Muniz, M. and Nombela, G. (2001). Differential variation in development of the Band Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on sweet pepper at constant temperatures. *Environmental Entomology*, 30(4), 720- 727.

Naranjo, S. E. (2001). Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop protection*, *20*(9), 835-852.

Naveen, N. C., Chaubey, R., Kumar, D., Rebijith, K. B., Rajagopal, R., Subrahmanyam, B., and Subramanian, S. (2017). Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. *Scientific reports*, *7*(1), 40634.

Nikodym, J. E. (2021). *Perspectives on Insecticide Resistance Management: Past, Present, and Future* (Doctoral dissertation, The University of Nebraska-Lincoln).

Nombela, G. and Muñiz, M. (2010). Host plant resistance for the management of *Bemisia tabaci*: a multi-crop survey with emphasis on tomato. In *Bemisia: Bionomics and management of a global pest* (pp. 357-383). Dordrecht: Springer Netherlands.

Özkaya, G., Çeliker, A. and Giray, B. K. (2013). İnsektisit zehirlenmeleri ve Türkiye' deki durumun değerlendirilmesi. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology*, 70(2), 75-102.

Pascual, S. and Callejas, C. (2004). Intra- and interspecific competition between biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Spain. *Bulletin of Entomological Research*, 94, 369-375.

Perring, T.M. (2001). The *Bemisia tabaci* species complex, *Crop Protection*, 20, 725–737.

Prayogo, Y. and Bayu, M. S. Y. I. (2020). Biological control of *Bemisia tabaci* gennadius by using entomopathogenic fungi *Aschersonia aleyrodis*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 456, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.

Rehman, H., Bukero, A., Lanjar, A. G., Bashir, L., Lanjar, Z. and Nahiyoon, S. A. (2020). Use of Chrysoperla carnea larvae to control whitefly (Aleyrodidea: Hemiptera) on tomato plant in greenhouse. *Pure and Applied Biology (PAB)*, *9*(4), 2128-2137.

Roditakis, E., Tsagkarakou, A. and Vontas, J. (2006). Identification of mutations in the para sodium channel of *Bemisia tabaci* from Crete, associated with resistance to pyrethroids. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85, 161–166.

Rosli, M. A. F., Jaafar, S. N. S., Azizan, K. A., Yaakop, S. and Aizat, W. M. (2024). Omics approaches to unravel insecticide resistance mechanism in *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae). *PeerJ*, *12*, e17843.

Sanchez-Campos, S., Navas-Castillo, J., Camero, R., Soria, C., Diaz, J.A. and Moriones, E. (1999). Displacement of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV-Sr) by TYLCV-Is in tomato epidemics in Spain. Phytopathology, 89, 1038–1043.

Satar, G. and Ulusoy, M.R. (2016). Akdeniz Bölgesi'nden toplanan *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) popülasyonlarının biyotiplerinin belirlenmesi. *Turkish Bulletin of Entomology*, 6, 205-212.

Shah, M. M. R. and Liu, T. X. (2013). Feeding experience of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) affects their performance on different host plants. *PLoS One*, *8*(10), e77368.

Shah, M. M. R., Zhang, S. and Liu, T. (2015). Whitefly, host plant and parasitoid: A review on their interactions. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, *4*(1), 48-61.

Siegfried, B. D. (2009). The Toxicology and Biochemistry of Insecticides. *The Florida Entomologist*, 92(1), 187.

Silva, A. X., Jander, G., Samaniego, H., Ramsey, J. S. and Figueroa, C. C. (2012). Insecticide resistance mechanisms in the green peach aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) I: a transcriptomic survey. *PloS one*, 7(6), e36366.

Sparks T.C. and Nauen R. (2015). IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121:122–128

Stansly, P. A. and Liu, T. X. (1997). Selectivity of insecticides to *Encarsia pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae), an endoparasitoid of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 87(5), 525-531.

Syafruddin, D., Hidayati, A. P., Asih, P. B., Hawley, W. A., Sukowati, S. and Lobo, N. F. (2010). Detection of 1014F kdr mutation in four major *Anopheline malaria* vectors in Indonesia. *Malaria journal*, *9*, 1-8.

Sylla, S., Brévault, T., Diarra, K., Bearez, P. and Desneux, N. (2016). Life-history traits of *Macrolophus pygmaeus* with different prey foods. *PLoS One*, *11*(11), e0166610.

Şahin, İ. (2012). *Antalya bölgesinden toplanan beyazsinek, Bemisia tabaci (Genn.),(Hemiptera: Aleyrodidae) populasyonlarında paratip sodyum kanal ve asetilkolinesteraz gen bölgelerindeki mutasyonların saptanması* (Master Thesis). Akdeniz University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Antalya, Türkiye.

Taşkın, V., Küçükakyüz, K., Arslan, T., Çöl, B. and Göçmen Taşkın, B. (2007). The biochemical basis of insecticide resistance and determination of esterase enzyme patterns by using PAGE in field collected populations of *Drosophila melanogaster* from Muğla province of Turkey. *Journal of Cell and Molecular Biology,* 6(1): 31-40

Taşkın, V., Başkurt, S., Doğaç, E. and Taşkın, B. G. (2011). Frequencies of pyrethroid resistance-associated mutations of Vssc1 and CYP6D1 in field populations of *Musca domestica* L. in Turkey. *Journal of Vector Ecology*, 36(2), 239-247.

Tian, J., Diao, H., Liang, L., Hao, C., Arthurs, S. and Ma, R. (2015). Pathogenicity of *Isaria fumosorosea* to *Bemisia tabaci*, with some observations on the fungal infection process and host immune response. *Journal of Invertebrate Pathology*, *130*, 147-153.

Tomizawa, M. and Casida, J. E. (2005). Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, *45*(1), 247-268.

Urbaneja, A., Sánchez, E. and Stansly, P. A. (2007). Life history of *Eretmocerus mundus*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*, on tomato and sweet pepper. *BioControl*, *52*(1), 25-39.

Uygun, N. and Elekçioğlu, I.H. (1990). Doğu Akdeniz Bölgesi Beyazsinek (Homoptera: Aleyrodidae) Türlerinin Saptanması. *Turkish Journal of Entomology*, 14: 85-96.

Van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, *57*(1), 1-20.

Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J. and Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, *63*(1), 39-59.

Wang, Q., Luo, C. and Wang, R. (2023). Insecticide resistance and its management in two invasive cryptic species of *Bemisia tabaci* in China. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(7), 6048.

Watanabe, L. F. M., Bello, V. H., De Marchi, B. R., da Silva, F. B., Fusco, L. M., Sartori, M. M., Pavan M. A. and Krause-Sakate, R. (2019). Performance and competitive displacement of *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED cryptic species on different host plants. *Crop Protection*, 124, 104860.

Wei, Q. Y., Li, Y. Y., Xu, C., Wu, Y. X., Zhang, Y. R. and Liu, H. (2020). Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* increases the resistance of tomatoes against *Bemisia tabaci*. *Arthropod-plant interactions*, 14(3), 289-300.

Wei, Y., Guan, F., Wang, R., Qu, C. and Luo, C. (2021). Amplicon sequencing detects mutations associated with pyrethroid resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 77(6), 2914-2923.

Xu, J., De Barro, P.J. and Liu, S.S. (2010). Reproductive incompatibility among genetic groups of *Bemisia tabaci* supports the proposition that the whitefly is a cryptic species complex. *Bulletin of Entomological Research*, 100, 359–366.

Yorulmaz, S. and Ay, R. (2010). Akar ve böceklerde pestisitlerin detoksifikasyonunda rol oynayan enzimler. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 24(2), 137-148.

Yükselbaba, U. (2015). *Pamuk beyazsineği Bemisia tabaci (Genn.)(Hemiptera: Aleyrodidae)'nin B ve Q biyotiplerinin farklı insektisitlere direnç geliştirme potansiyelleri ve enzim aktivitelerinin belirlenmesi* (PhD Thesis). Akdeniz University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Antalya, Türkiye.

Zandi-Sohani, N. and Shishehbor, P. (2011). Temperature effects on the development and fecundity of *Encarsia acaudaleyrodis* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cucumber. *BioControl*, *56*(3), 257-263.

Zia, K., Hafeez, F., Khan, R. R., Arshad, M. and Naeem-Ullah, U. (2008). Effectiveness of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) on the population of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in different cotton genotypes. *Journal of Agricultural and Social Sciences*, 4(3), 112–116.

Zou, C., Li, L., Dong, T., Zhang, B. and Hu, Q. (2014). Joint action of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* and four chemical insecticides against the whitefly *Bemisia tabaci*. *Biocontrol Science and Technology*, 24(3), 315-324

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TÜRKİYE'DEKİ *Bemisia tabaci* POPÜLASYONLARINDA PİRETROİD DİRENCİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Öğr. Gör. Dr. Ömer YÜZER
Doğuş Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı
ORCID: 0000-0003-0209-324X

Prof. Dr. Ersin DOĞAÇ
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
ORCID: 0000-0003-4426-2187

Prof. Dr. Alper TONGUÇ
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
ORCID: 0000-0002-2613-3114

ÖZET
Beyazsinek *Bemisia tabaci* tarımsal alanlarda oldukça etkili tarımsal zararlılardan biridir. Özellikle bitki öz suyunu emme yolu ile bitki gelişimini engeller ve verim kaybına neden olur. Kimyasal mücadele türün oluşturduğu zararları kontrol altında tutmak için önemli bir mücadele yöntemi sağlamaktadır. Fakat kullanılan insektisitlere karşı türün geliştirdiği direnç önemli bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, piretroid grubu insektisitlere karşı hedef bölge duyarsızlaşması yolu ile kazanılan insektisit direnci araştırılmıştır. Bu bağlamda direnç gelişimi ile ilişkili olan, voltaj kapılı sodyum kanalı (*vgsc*) genindeki L925I ve T929V mutasyonları taranmıştır. Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Aydın ve İzmir illerinden örneklenen 360 bireyin voltaj kapılı sodyum kanalı (*vgsc*) geninin dizilenmesi ile duyarlı ve dirençli bireyler tespit edilmiştir. MEGA 11 yazılımı ile gerçekleştirilen analiz sonucunda 34 bireyin duyarlı olduğu tespit edilirken, geri kalan bireylerin tamamının L925I veya T929V mutasyonları ile kazanılmış insektisit direncine sahip oldukları belirlenmiştir. Dirençli bireylerin her iki mutasyondan sadece birine sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek piretroid direncine sahip birey sayısı Aydın ve Adana illerinde tespit edilirken, en düşük piretroid dirençli birey sayısı ise Antalya ilinde tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Türkiye'de tarımsal alanlarda yüksek piretroid direnci gelişiminin sonuçlarını ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: *Bemisia tabaci*, vgsc, piretroid, insektisit direnci, Türkiye.

Teşekkür: Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 123Z722 numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

ASSESSMENT OF PYRETHROID RESISTANCE IN *Bemısıa Tabacı* POPULATIONS ACROSS TÜRKİYE

ABSTRACT
The whitefly *Bemisia tabaci* is one of the most impactful agricultural pests in crop production. It primarily impedes plant development and causes yield losses by feeding on plant phloem sap. Chemical control provides an important method for managing the damage caused by this pest. However, resistance developed by the species against commonly used insecticides has emerged as a significant problem.

In this study, insecticide resistance to pyrethroid insecticides via target-site insensitivity was investigated. In this context, L925I and T929V mutations in the voltage-gated sodium channel (*vgsc*) gene, which are associated with resistance development, were screened. Sequencing of the voltage-gated sodium channel (*vgsc*) gene in 360 individuals sampled from Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Aydın, and İzmir provinces allowed the identification of susceptible and resistant individuals. Analysis performed using MEGA 11 software revealed that 34 individuals were susceptible, while all remaining individuals possessed either the L925I or T929V mutation, indicating pyrethroid resistance. It was determined that resistant individuals carried only one of the two mutations, not both. The highest number of pyrethroid-resistant individuals was detected in Aydın and Adana provinces, whereas the lowest number was found in Antalya province. The obtained data highlight the extent of high-level pyrethroid resistance development in agricultural areas across Türkiye.
Keywords: *Bemisia tabaci*, vgsc, pyrethroid, insecticide resistance, Türkiye.

Acknowledgement: This study was supported by Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK) under Grant Number 123Z722. The authors thank TUBITAK for their support.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DOMATESİN ABİYOTİK STRESE TOLERANS MEKANİZMALARI

Doç. Dr. Yelderem AKHOUNDNEJAD
Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü
ORCID: 0000-0002-1435-864X

ÖZET
Domates (*Solanum lycopersicum L.*), dünya genelinde en fazla yetiştirilen sebze türlerinden biridir. Likopenin sahip olduğu güçlü antioksidan ve potansiyel kanser önleyici etkiler nedeniyle domatesin besinsel ve ticari önemi giderek artmaktadır. Bununla birlikte, üretim süreci yüksek sıcaklık, tuzluluk, kuraklık ve soğuk gibi çeşitli abiyotik stres faktörleri tarafından sınırlandırılmaktadır. Bu nedenle strese dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi, günümüz tarımsal biyoteknoloji araştırmalarının temel hedeflerinden birini oluşturmaktadır. Şimdiye kadar yürütülen çalışmalar, domateste stres toleransını artırmak için farklı genetik ve moleküler stratejilerin uygulanabileceğini göstermiştir. Olumsuz çevresel koşullar, metabolik yollarda değişikliklere, stresle ilişkili genlerin farklı düzeylerde ekspresyonuna ve hücresel dengeyi korumada görev alan düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin birikimine yol açmaktadır. Domatesin "geliştirilmiş" varyetelerinin elde edilmesinde ise stres azaltıcı enzimleri, sinyal iletim elemanlarını ve düzenleyici genleri kodlayan dizilerin bitkiye aktarılması önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Son yıllarda genom düzenleme teknolojileri (ör. CRISPR/Cas9), marker-assisted selection ve biyoinformatik tabanlı analizler, stres toleransına yönelik yeni aday genlerin belirlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca, besin elementleri, biyostimülantlar ve faydalı mikroorganizmalar gibi dışsal uygulamalar da stresin olumsuz etkilerini azaltmada tamamlayıcı stratejiler olarak değerlendirilmektedir. Bu makalede, çevresel streslere tolerans kazandırmada rol alan başlıca moleküler aktörler ve genetik mekanizmalar özetlenmiş; stres faktörlerinin çoğu zaman birbiriyle ilişkili tepkiler oluşturduğu dikkate alınarak, tolerans mekanizmaları ardışık bir çerçevede ele alınmıştır.
Anahtar Kelimeler: Abiyotik stres, Domates (*Solanum lycopersicum L.*), Antioksidan, Besin Element

MECHANISMS OF ABIOTIC STRESS TOLERANCE IN TOMATO

ABSTRACT
Tomato (*Solanum lycopersicum L.*) is one of the most widely cultivated vegetable crops worldwide. The strong antioxidant properties and potential anticancer effects of lycopene have further increased its nutritional and commercial importance. However, tomato production is significantly constrained by various abiotic stress factors, including high temperature, salinity, drought, and low temperature. Therefore, the development of stress-tolerant genotypes has become a primary focus of modern agricultural biotechnology research. Previous studies have demonstrated that diverse genetic, physiological, and molecular strategies can be employed to enhance stress tolerance in tomato. Adverse environmental conditions lead to modifications in metabolic pathways, differential expression of stress-related genes, and accumulation of low-molecular-weight compounds that play a key role in maintaining cellular homeostasis. The development of "improved" tomato varieties has particularly relied on the introgression of genes encoding stress-mitigating enzymes, signaling components, and regulatory factors.

In recent years, genome editing technologies (e.g., CRISPR/Cas9), marker-assisted selection, and bioinformatics-based analyses have greatly contributed to the identification of novel candidate genes associated with stress tolerance. In addition, external applications such as nutrient supplementation, biostimulants, and beneficial microorganisms are increasingly being considered as complementary strategies to mitigate the negative impacts of stress. This review highlights the major molecular players and genetic mechanisms involved in tomato responses to abiotic stresses and presents tolerance pathways in a sequential framework, acknowledging the interconnected nature of stress responses.
Keywords: Abiotic stress, Tomato (*Solanum lycopersicum L.*), Antioxidant, Nutrients

GİRİŞ

Domates (Solanum lycopersicum L.), dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen ve ekonomik değeri yüksek bir kültür bitkisidir. Likopen gibi antioksidan ve antikanser özellikler gösteren biyoaktif bileşikler açısından zengin olması, bu türün hem beslenme hem de insan sağlığı açısından önemini artırmaktadır (Przybylska, 2020). Tropikal kökenli olmasına rağmen farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilmesi, domatesin tarımsal üretimde yaygın şekilde tercih edilmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, çevresel stres faktörleri bu türün potansiyel verim ve kalite düzeylerinde önemli kısıtlamalara yol açmaktadır. Abiyotik stres; düşük ve yüksek sıcaklık, ozmotik şok, kuraklık, tuzluluk, su baskını, mekanik yaralanmalar, ozona maruz kalma, toksik iyon birikimi, aşırı ışık ve UV-B radyasyonu gibi geniş bir etmen grubunu kapsayan genel bir kavramdır (Sachdev et al., 2021). Bu stres faktörleri, doğaları gereği oldukça karmaşık olup genetik ve çevresel unsurların etkileşimiyle ortaya çıkmaktadır. Söz konusu durum, bitki ıslahı ve tarımsal üretim stratejileri açısından önemli bir engel oluşturmaktadır (Morales et al., 2020).

Geleneksel ıslah yöntemlerinin mevcut sınırlılıkları, artan dünya nüfusunun gıda talebini karşılayabilmek için yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, genetik mühendisliği ve fonksiyonel genomik alanındaki gelişmeler, abiyotik stres toleransının artırılmasına yönelik önemli fırsatlar sunmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, stres adaptasyonunda görev alan çok sayıda gen ailesi ve moleküler mekanizmanın belirlenmesine olanak sağlamıştır. Bitkilerin çevresel faktörlere karşı sahip olduğu doğal tolerans sınırları dikkate alındığında, genetik mühendisliği uygulamaları bu adaptasyon kapasitesini geliştirmek için etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir. Uygun ekspresyon kasetleri kullanılarak genlerin doğal olarak bulunmadıkları bitkilere aktarılmasıyla geliştirilen transgenik bitkiler, yalnızca yeni çeşitlerin geliştirilmesinde değil, aynı zamanda abiyotik stres toleransında rol oynayan gen ağlarının yapısının ve etkileşimlerinin aydınlatılmasında da önemli bir model oluşturmaktadır (Anwar & Kim, 2020).

Abiyotik stresin karmaşık doğası dikkate alındığında, doğada bitkilerin yalnızca tek bir stres faktörüne maruz kalması oldukça nadirdir. Çoğu durumda birden fazla stres etmeni eşzamanlı olarak etkili olmakta ve çok sayıda strese duyarlı yolak ve bileşen ortak şekilde devreye girmektedir. Bu nedenle, stres türlerinin klasik sınıflandırılması yerine, stres koşullarında bitki yanıtlarının düzenlenmesinde belirleyici rol oynayan genler, proteinler ve diğer moleküler bileşenler üzerine odaklanılması gerekmektedir. Bu bileşenler, bitkilerde “gen terapisi” kapsamında hedeflenebilecek kritik unsurlar olarak değerlendirilmektedir. Böyle bir yaklaşım, araştırmacıların stres toleransında görev alan gen dizilerini daha etkin biçimde belirlemesine olanak sağlayacaktır.

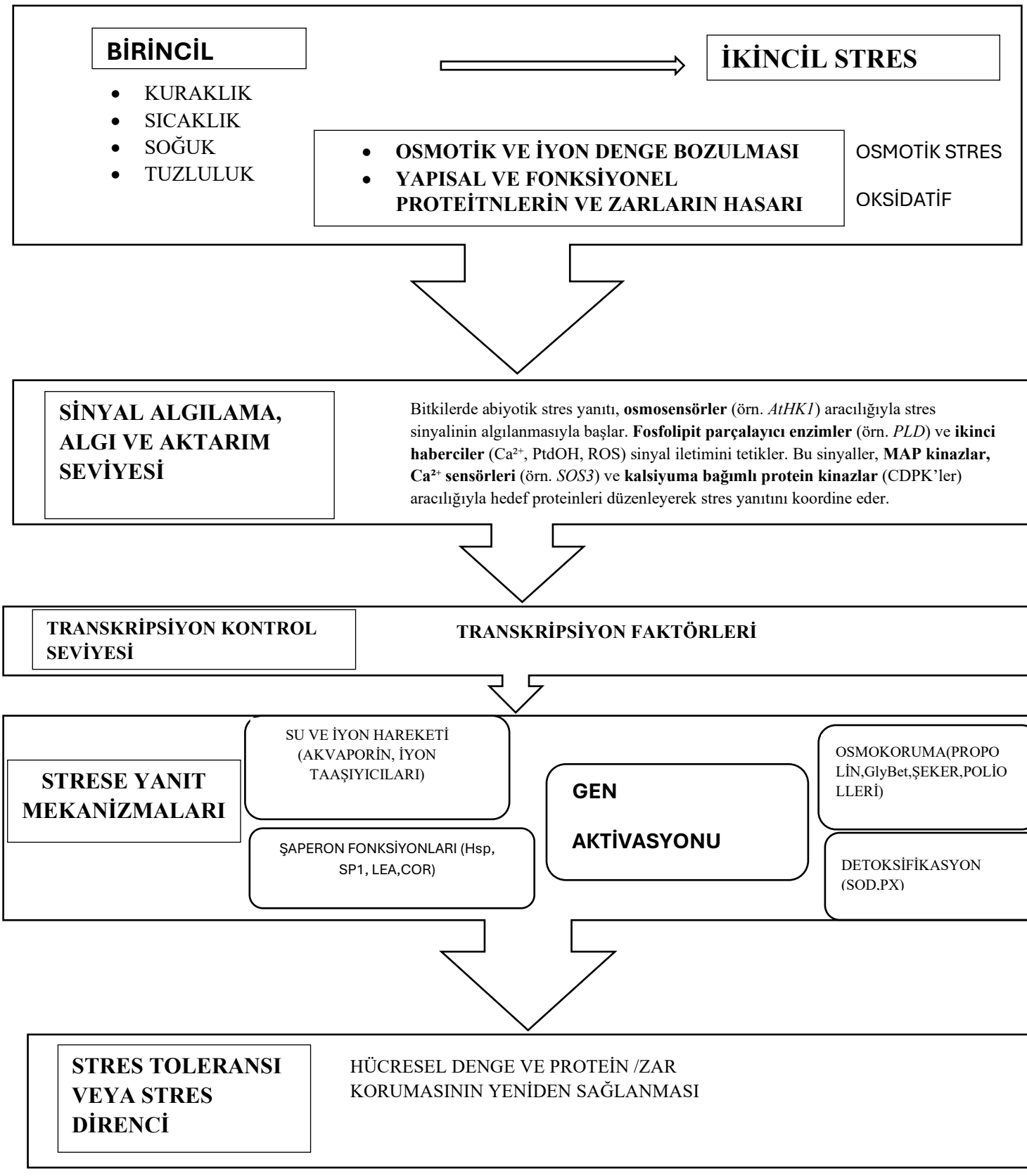
ARAŞTIRMA VE BULGULAR

ABİYOTİK STRES KOŞULLARINDA BİTKİLERDE FİZYOLOJİK YANITLAR

Stres kavramı, bitkinin gelişimini veya fizyolojik süreçlerini olumsuz etkileyen dışsal bir faktörün varlığını ifade eder. Başka bir deyişle, stres, bitkinin optimal yaşam koşullarından sapması şeklinde tanımlanabilir. Bu bağlamda, tolerans kavramı; bitkinin elverişsiz çevre koşullarında yaşamını sürdürebilmesi için metabolik reaksiyonlarda belirli bir plastisite göstermesini gerektirir. Bu plastisite, stres koşullarından kaçınma, bu koşullara uyum sağlama (tolerans) veya stres etkilerinden iyileşme yeteneğini içerir. Belirli bir stres faktörünün neden olduğu hasarı sınırlandırabilme kapasitesi ise bitki toleransı olarak tanımlanır. Bitkilerin abiyotik stres koşullarına adaptasyonu, çok sayıda genin karmaşık düzenlenmesi ve farklı moleküler yolaklar arasındaki etkileşimlerle gerçekleşen dinamik bir süreçtir. Bu süreç, aynı zamanda sinyal ağlarının "çapraz konuşması" (cross-talk) ile karakterize edilir (Zhou et al., 2021). Bu karmaşık hücresel yanıtlar, farklı düzeylerde yapılan araştırmalar sayesinde daha iyi anlaşılmıştır. Genel olarak, abiyotik stres yanıtı üç temel aşamada değerlendirilmektedir: (1) alarm aşaması, (2) direnç aşaması ve (3) tükenme aşaması (Zhang et al., 2022). Bidabadi ve Jain (2020) bu modele dördüncü bir aşama eklemiş ve bunu "yenilenme aşaması" olarak tanımlamıştır. Yenilenme aşaması, stres faktörünün bitkide geri dönüşü olmayan bir hasar oluşmadan ortadan kaldırılması durumunda gerçekleşir ve fizyolojik işlevlerin kısmen veya tamamen yeniden kazanılmasını sağlar. Abiyotik stres yanıtı, öncelikle stres sinyallerinin algılanmasıyla başlar. Hücre duvarında bulunan reseptörler bu sinyalleri algılar ve ardından stresle ilişkili genlerin aktivasyonunda rol oynayan farklı sinyal iletim yolaklarını devreye sokar. Bu yolaklar arasında, mitojenle aktive olan protein kinaz (MAPK) kaskadı ve kalsiyuma bağımlı protein kinaz kaskadı yer alır. Bu kaskadlar, stres yanıtı genlerinin ekspresyonunu düzenleyen cis-etkili elementleri ve transkripsiyon faktörlerini (TF'ler) aktive eder ve sonuç olarak bitkide stres toleransı oluşur (Baoxiang ve ark., 2022). Strese yanıt olarak ifade edilen genler genel olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır: (1) bilinen yapısal veya enzimatik işlevlere sahip proteinleri kodlayan genler, (2) transkripsiyon faktörleri ve düzenleyici proteinleri kodlayan genler ve (3) işlevi henüz belirlenmemiş proteinleri kodlayan genler (Nadal ve ark., 2011).

DOMATES BİTKİSİNDE GENETİK TRANSFORMASYON TEKNİKLERİ VE UYGULAMALARI

Son yirmi yılda, pirinç, patates, soya fasulyesi, domates ve fasulye gibi hem monokotiledon hem de dikotiledon bitkilere yabancı genlerin aktarımı için çok sayıda teknik geliştirilmiştir (Gosal ve Wani, 2018). Solanum lycopersicum'un genetik dönüşümüne yönelik ilk protokol 1980'li yıllarda rapor edilmiş olup, o tarihten bu yana bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Kullanılan yaklaşımlar, doğrudan gen aktarım yöntemlerinin yanı sıra plastid veya nükleer genom gibi farklı hedef bölgelerde ve dönüşümün kararlılığı açısından çeşitlilik gösteren bakteri vektörlerini de kapsamaktadır. Günümüzde, farklı domates çeşitleri için Agrobacterium aracılı dönüşüm prosedürleri yaygın olarak uygulanmakta ve bu yöntemler sürekli olarak geliştirilip optimize edilmektedir (Azizi-Dargahlou ve Mahin, 2023). Agroenfeksiyon süreci oldukça karmaşık olup, verimliliği birçok faktöre bağlıdır; bu faktörler arasında kemoatraktanların varlığı da önemli bir rol oynamaktadır. Domatesin abiyotik stres yanıtları, transkripsiyon faktörleri ve strese adaptasyon mekanizmaları Şekil 1'de özetlenmiştir.


BİRİNCİL
KURAKLIK
SICAKLIK
SOĞUK
TUZLULUK
İKİNCİL STRES
OSMOTİK VE İYON DENGE BOZULMASI
YAPISAL VE FONKSİYONEL PROTEİTNLERİN VE ZARLARIN HASARI
OSMOTİK STRES
OKSİDATİF
SİNYAL ALGILAMA, ALGI VE AKTARIM SEVİYESİ
Bitkilerde abiyotik stres yanıtı, osmosensörler (örn. AtHK1) aracılığıyla stres sinyalinin algılanmasıyla başlar. Fosfolipit parçalayıcı enzimler (örn. PLD) ve ikinci haberciler (Ca²⁺, PtdOH, ROS) sinyal iletimini tetikler. Bu sinyaller, MAP kinazlar, Ca²⁺ sensörleri (örn. SOS3) ve kalsiyuma bağımlı protein kinazlar (CDPK'ler) aracılığıyla hedef proteinleri düzenleyerek stres yanıtını koordine eder.
TRANSKRİPSİYON KONTROL SEVİYESİ
TRANSKRİPSİYON FAKTÖRLERİ
STRESE YANIT MEKANİZMALARI
SU VE İYON HAREKETİ (AKVAPORİN, İYON TAAŞIYICILARI)
ŞAPERON FONKSİYONLARI (Hsp, SP1, LEA,COR)
GEN AKTİVASYONU
OSMOKORUMA(PROPOLİN,GlyBet,ŞEKER,POLİOLLERİ)
DETOKSİFİKASYON (SOD,PX)
STRES TOLERANSI VEYA STRES DİRENCİ
HÜCRESEL DENGE VE PROTEİN /ZAR KORUMASININ YENİDEN SAĞLANMASI

Şekil 1. Abiyotik stres koşullarında bitkiler, karmaşık fizyolojik ve moleküler tepkiler sergiler. Genellikle birincil stres faktörleri birbirleriyle ilişkilidir ve bu durum, ikincil streslerin oluşmasına ve hücresel düzeyde hasara yol açabilir. Stres yanıtının ilk aşamasında, bitki stres sinyalini algılar ve bu sinyal, hücre içi sinyal iletim yollarını aktive ederek transkripsiyonel düzenlemeleri başlatır. Bu süreç, strese duyarlı genlerin ekspresyonunu tetikleyerek hücresel homeostazın yeniden sağlanmasına yönelik mekanizmaları devreye alır. Söz konusu mekanizmalar, zarar görmüş proteinlerin, membranların ve diğer hücresel yapıların korunması ve onarılmasını içerir. Nihai olarak, bitki bu süreçler sonucunda stres koşullarına karşı tolerans veya direnç kazanır.

Transgenik bitkilerin elde edilme süresini kısaltmak ve somaklonal varyasyon olasılığını azaltmak amacıyla *in planta* yöntemler değerlendirilmiştir. Wang ve ark. (2016), tozlaşma öncesi ve sonrası çiçek dönüşümünü gerçekleştirmek için çiçek daldırma prosedürünü test etmiş ve sonuçlar, çiçek tipi ile çiçeklenme evresinin dönüşüm etkinliği üzerinde kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, tozlaşmadan önce bakteriyel süspansiyon ile muamele edilen örneklerde daha yüksek dönüşüm oranları bildirilmiştir. Her ne kadar bu yöntemler umut verici dönüşüm verimliliği göstermiş olsa da, bitki morfolojisinde bazı olumsuz değişiklikler gözlenmiştir; bunlar arasında kısa ve dik olmayan gövde, kıvrılmış yapraklar ve erken çiçeklenme yer almaktadır. Çiçekler morfolojik olarak normal görünse de bu bitkiler kısır kalmış ve meyve oluşturamamıştır (Cappers ve Bekker, 2012). Şimdiye kadar bu metodoloji domates dönüşümünde yaygın bir uygulama alanı bulmamıştır. Bununla birlikte, *in vitro* meyve enjeksiyonu, *in vivo* meyve ve çiçek enjeksiyonu yöntemleri kullanılarak doku kültürü temelli transformasyon ile *in planta* transformasyon teknikleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, *in vitro* meyve enjeksiyon yönteminin konvansiyonel yöntemlere kıyasla belirgin bir üstünlük sağladığını göstermiştir. Ayrıca tüylü kök (hairy root) kökenli bitkiler, buruşuk yapraklar, kısalmış boğum aralıkları ve yoğun kök sistemi ile karakterize edilmiştir; bu bitkiler düşük verim ve azalmış tohum sayısına sahip meyveler üretmiştir (Arif ve ark., 2019). Tüylü kök kültürü, domates bitkilerinde biyofarmasötik bileşiklerin üretimi için alternatif bir sistem olarak öne çıkmıştır. Nitekim Biswas ve ark. (2023), domates tüylü kök kültürlerinde yaklaşık 10 µg/g taze ağırlık düzeyinde Escherichia coli B-alt birimi ısıya dayanıklı toksin antijeninin üretimini başarmıştır. Bununla birlikte, tüylü kök kültürlerinden rejeneratif bitki elde etme girişimleri çoğunlukla başarısız olmuştur.

GLİSİN BETAİN

Glisin betain, ultraviyole (UV) radyasyonu, aşırı sıcaklıklar, tuzluluk, kuraklık ve ağır metal stresi gibi çeşitli çevresel stres faktörlerine yanıt olarak pek çok bitki türünde biriken organik bir ozmolittir. Bu bileşik aynı zamanda bazı hayvanlarda ve mikroorganizmalarda da doğal olarak bulunur (Ghori ve ark., 2019). Bitkilerde glisin betain özellikle kloroplastlarda yüksek düzeyde bulunur ve burada tilakoid zarlarının düzenlenmesi ve korunmasında kritik bir rol üstlenerek fotosentetik etkinliğin sürdürülebilirliğini sağlar. Glisin betainin biyosentezi, iki aşamalı bir kolin oksidasyonu sürecini içerir; bu süreçte kolin monooksijenaz tarafından kolin betain aldehite dönüştürülür ve ardından betain aldehit dehidrogenaz aracılığıyla glisin betaine çevrilir (Zhang ve ark., 2008). Muhtemelen, abiyotik stres koşullarında glisin betain yalnızca moleküler bir şaperon olarak işlev görmekle kalmaz, aynı zamanda transkripsiyon ve translasyon mekanizmalarının korunmasında da rol alır ve protein ile zar komplekslerinin stabilizasyonuna katkıda bulunur.

Bunun yanı sıra, glisin betain dolaylı olarak H_2O_2 aracılı antioksidan savunma mekanizmalarını da uyarabilir; örneğin, katalaz gen ekspresyonunu artırarak katalaz aktivitesini yükseltebilir. Birçok araştırma, glisin betainin bitkilerde abiyotik stres toleransını artırmada iki temel yaklaşım üzerinden değerlendirildiğini göstermektedir: (i) glisin betain biyosentetik yolunun genetik olarak modifikasyonu ve (ii) glisin betainin eksojen uygulanması. Her iki yaklaşımın da bitkilerin stres koşullarına adaptasyon kapasitesini anlamlı düzeyde iyileştirdiği rapor edilmiştir (Zhao ve ark., 2025).

GLUTATYON

Glutatyon, bitkilerde çok yönlü biyolojik rollere sahip önemli bir antioksidandır. Bu molekül, iki ATP gerektiren basamaklar aracılığıyla 1-glutamat, 1-sistein ve 1-glisinden sentezlenir. Sentez sürecinde γ-glutamilsistein ligaz ve glutatyon sentetaz enzimleri görev alır (Noctor ve ark., 2012). Düşük molekül ağırlıklı bir tiyol olan glutatyon, oksidatif ajanlara, ksenobiyotiklere ve ağır metallere karşı hücre ve dokular için güçlü bir koruyucu görevi üstlenir. Ayrıca hidrojen peroksit (H_2O_2) düzeyinin azaltılmasında da önemli bir rol oynar (Henkler ve ark., 2010). Glutatyonun redoks durumu ve içerik düzeyi, bitkilerde stres faktörlerinin etkisi altında değişiklik göstermektedir. Bu bileşik, hem abiyotik hem de biyotik stres koşullarına karşı toleransın sağlanmasında kritik bir mekanizmadır. Hernández ve ark. (2017), glutatyon peroksidaz (GPx) enziminin aşırı ekspresyonunun, domates bitkilerinde abiyotik streslere (örneğin mekanik yaralanma) karşı toleransı artırırken, biyotik streslere (örneğin parazit saldırıları) karşı direnci azalttığını rapor etmiştir. Ayrıca glioksalaz enzimleri, bitki metabolizması sırasında ortaya çıkan metilglioksal gibi reaktif aldehitlerin detoksifikasyonunda görev yapmaktadır. NaCl'nin yüksek konsantrasyonları (800 mM) ile muamele edilen transgenik domates hatlarında lipid peroksidasyonunda ve H_2O_2 üretiminde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Buna karşılık, kontrol bitkileri, transgenik hatlara kıyasla klorofil a+b içeriğinde anlamlı bir azalma göstermiştir (Niki, 2009).

YAĞ ASİDİ DESATÜRAZLARI

Yağ asidi desatürazları, kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık gibi farklı abiyotik streslere karşı bitki yanıtlarında önemli bir role sahiptir. Ancak bu enzimlerin, özellikle kuraklık ve tuz stresine karşı bitki direncindeki işlevleri tam olarak aydınlatılamamıştır (He ve Ding, 2020). Yapılan çalışmalar, doymamış yağ asitleri ile tuz stresi toleransı arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Omega-3 yağ asidi desatürazı kodlayan LeFAD3 geninin duyarlı (sense) ve antisens dizilerinin aşırı ekspresyonu ile transgenik domates bitkileri geliştirilmiştir. Bu gen, membran lipid doymamışlığının düzenlenmesinde kritik bir role sahiptir. LeFAD3 enzimi, 18:2 linoleik asidi 18:3 linolenik aside dönüştürerek zar bütünlüğünü korur ve fotosistem hasarını azaltır. Böylece fotosentez oranı artar, bu da büyüme için enerji ve gerekli substratların sağlanmasına katkı sağlar. Bu nedenle, duyarlı diziyi taşıyan ve daha yüksek desatüraz ekspresyonu gösteren bitkiler, antisens diziyi taşıyan ve daha düşük ekspresyon sergileyen bitkilere kıyasla daha iyi büyüme ve gelişme göstermiştir. Tuz stresi, kontrol bitkilerinin büyümesini olumsuz etkilerken, LeFAD3 geninin aşırı ekspresyonu domates bitkilerinde soğuk stresine karşı da toleransı artırmıştır. Bu durum, zar hasarını hafifleten 18:3 yağ asidi seviyesindeki artış ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, FAD3 geninin aşırı ekspresyonu, genetiği değiştirilmiş domates bitkilerinde meyve aromasının artmasına ve soğuk stresi toleransının gelişmesine katkı sağlamıştır (Domínguez ve ark., 2010).

OZMOTİN

Osmotin, abiyotik ve biyotik stres koşullarında bitkilerde yüksek düzeyde sentezlenen, yaklaşık 24 kDa molekül ağırlığında strese duyarlı bir proteindir. Bu protein, belirli ozmolitlerin sentezini ve hücre bölmelerinde birikimini teşvik ederek hücrelerin ozmotik düzenlenmesinde kritik bir rol oynar. Goel ve ark. (2010), osmotin geninin aşırı ekspresyonu ile elde edilen transgenik domates bitkilerinin, kuraklık koşullarında kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek prolin ve klorofil içeriği, bağıl su içeriği (RWC) ve yaprak genişlemesi gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca, Patade ve ark. (2013), soğuk stresine maruz bırakılan transgenik domates bitkilerinde hem prolin hem de osmotin düzeylerindeki artışın, bu bitkilerin düşük sıcaklığa karşı toleransını önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir.

POLİAMİNLER

Poliaminler, spermin (Spm), putresin (Put), tetramin ve kadaverin gibi bileşenleri içeren bir organik molekül sınıfıdır. Bitkilerde bu bileşikler yalnızca çevresel stres koşullarına tepki vermekle kalmaz, aynı zamanda embriyogenez, organogenez, çiçeklenme başlangıcı, meyve gelişimi ve olgunlaşması ile yaprak senesensi gibi birçok fizyolojik süreçte de kritik işlevlere sahiptir (Rakesh ve ark., 2021). Son yıllarda yapılan çalışmalar, kadaverinin çeşitli metabolik yollarla ilişkili olduğunu ve bitki stres tepkilerinde önemli rol oynayan hormonal çapraz konuşmalara katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur (Jancewicz ve ark., 2016). Ayrıca, kayıp fonksiyon mutantları ve transgenik aşırı ekspresyon üzerine yapılan araştırmalar, poliaminlerin abiyotik stres koşullarına karşı bitki savunmasında önleyici bir role sahip olduğunu göstermektedir. Putresin sentezi, iki temel yolla gerçekleşmektedir: ornitinin ornitin dekarboksilaz (ODC) tarafından dekarboksilasyonu veya argininin arginin dekarboksilaz (ADC) tarafından dolaylı olarak dekarboksilasyonu. Nitekim, Poncirus trifoliata'dan elde edilen PtADC geninin aşırı ekspresyonunu taşıyan transgenik domates hatlarının, dehidrasyon ve kuraklık stresine karşı gelişmiş tolerans gösterdiği bildirilmiştir (González-Hernández ve ark., 2022).

TREHALOZ

Trehaloz, stres koşullarına maruz kalan çeşitli organizma gruplarında (omurgasızlar, mayalar, bakteriler) yaygın olarak bulunan bir disakkarit molekülüdür ve etkili bir "ozmoprotektif ajan" olarak görev yapar (Iturriaga ve ark., 2009). Bu şeker, hücre zarlarını ve proteinleri stabilize ederek hücrelerin dehidrasyonunu düzenler. Ayrıca düşük pH ve yüksek sıcaklıklar gibi ekstrem koşullarda gösterdiği stabilite, trehalozu mükemmel bir stres koruyucu hâline getirir. Diğer şekerlerin aksine (örneğin sükroz), trehaloz Maillard reaksiyonuna girmez ve proteinlerle kimyasal reaksiyon oluşturmaz (Mensink ve ark., 2017). Genetik mühendislik çalışmaları, trehaloz metabolizmasının modifikasyonu ile bitkilerde stres toleransını artırabileceğini göstermiştir. ScTPS1 genini (trehaloz sentezini kodlayan enzim) aşırı eksprese eden domates bitkileri, kuraklık, tuzluluk ve oksidatif stres koşullarına karşı kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek tolerans sergilemiştir. Bununla birlikte, bu transgenik bitkilerde bazı pleiotropik değişiklikler gözlenmiştir; bunlar arasında sert ve koyu yeşil yapraklar, dikleşmiş dallar, kalın sürgünler ve anormal kök sistemi gelişimi yer almaktadır. Ayrıca, transgenik bitkilerin yapraklarında, kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek klorofil ve nişasta içerikleri tespit edilmiştir (Shah ve ark., 2015). Bitki morfolojisinde gözlenen bu istenmeyen değişikliklerin, hücrelerde trehaloz-6-fosfat birikimindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

İYON TAŞIMA PROTEİNLERİNİ KODLAYAN GENLERİN EKSPRESYONUNUN MODİFİKASYONU

Duyarlı bitkilerde tuz stresine karşı toleransı artırmak için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Kuraklık ve tuzluluk toleransını artırmaya yönelik biyoteknolojik yaklaşımlardan biri, iyon taşınmasında görev alan genlerin ekspresyonunun modifiye edilmesidir. Ali ve ark. (2017), katyon taşıma sistemlerini (K^+ ve Na^+) düzenleyen HAL genleri (Saccharomyces cerevisiae kökenli) ile bitkilerin genetik dönüşümünü önermiştir. Locascio ve ark. (2019), HAL1 genini taşıyan domates bitkilerinde tuzluluğa karşı artan toleransın gözlendiğini bildirmiştir. Hücre içi K^+/Na^+ oranları incelendiğinde, transgenik domates hatlarının tuz stresi altındaki kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek K^+ tutma kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır. Bu bağlamda, domateste maya kökenli HAL5 geninin aşırı ekspresyonu, sürgünlerde Na^+ birikimini uzun süre azaltarak tuz stresine karşı toleransı önemli ölçüde artırmaktadır.

ISI ŞOKU PROTEİNLERİ

Bitkiler, çok genli aileler tarafından kodlanan çeşitli küçük ısı şoku proteinleri (sHSP'ler) sentezleyebilir. Bu proteinler, sitozol, kloroplast, mitokondri ve endoplazmik retikulum (ER) dahil olmak üzere farklı hücresel bölmelerde bulunur ve şaperon olarak görev yaparak hücre içi proteinlerin doğru katlanmasını ve uygun dağılımını sağlar. sHSP'ler ayrıca tuzluluk, sıcaklık stresi, soğuk, kuraklık, ağır metaller ve oksidatif stres gibi çok çeşitli çevresel stres koşullarına karşı koruyucu rol oynar (Kumar ve ark., 2024). sHSP kodlayan genlerin ekspresyonu, ısı stresi transkripsiyon faktörleri (HSF'ler) aracılığıyla düzenlenir ve bu genler genellikle sitoplazmada inaktif bir formda bulunur. Gerszberg ve Hnatuszko-Konka (2017), HsfA1, HsfA2 ve HsfB1'in genetik olarak modifiye edilmiş domates bitkilerinde incelenmesini gerçekleştirmiştir. Analizler, HsfA1'in HsfA2 ve HsfB1 ile birlikte sHSP sentezinde birincil kontrolör olduğunu ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, HsfA1 geninin transkripsiyon sonrası baskılanması, yüksek sıcaklıklarda termotoleransın azalmasına ve bitki gelişiminde ciddi kusurlara yol açmaktadır. Song ve ark. (2023), LeHSP17.6 geninin transkripsiyonunun soğuk stresine maruz kalma sırasında ısıya bağlı olarak indüklendiğini ve yüksek bir seviyede sürdürüldüğünü göstermiştir; bu durum, gelişmiş soğuk toleransı ile ilişkilidir.

ANTİOKSİDAN SİSTEMDEKİ ENZİMLERİ KODLAYAN GENLERİN EKSPRESYONUNUN MODİFİKASYONU GLUTHAREDOKSİNLER

Hücre içi redoks homeostazının korunması büyük ölçüde oksidoredüktazlar, özellikle glutatredoksinler (GRX'ler) aracılığıyla gerçekleşir. Yakın tarihli çalışmalarda, A. thaliana kökenli AtGRX geninin ekspresyonuna sahip transgenik domates bitkilerinin, vahşi tip (WT) bitkilere kıyasla soğuk stres koşullarına daha iyi adapte olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, bu transgenik hatlarda bitki morfolojisinde (büyüme ve gelişme) olumsuz veya istenmeyen bir değişiklik gözlenmemiştir (Hu ve ark., 2015).

KATALAZ

Katalaz (CAT), hidrojen peroksitin (H_2O_2) su ve oksijene ayrışmasından sorumlu bir antioksidan enzimdir ve reaktif oksijen türlerini (ROS) detoksifiye eden sistemin önemli bir bileşenidir. Escherichia coli kaynaklı katalaz geni, bitki katalazına kıyasla H_2O_2'ye daha yüksek afiniteye sahiptir ve domates yaprağı kloroplastlarına aktarılmıştır (Anjum ve ark., 2016). Bulgular, catE geninin aşırı ekspresyonuna sahip transgenik domateslerin, herbisit parakuatın neden olduğu oksidatif strese karşı daha yüksek tolerans sergilediğini göstermiştir.

Ayrıca, bu genetiği değiştirilmiş bitkiler, soğuk ve kuraklık kaynaklı oksidatif hasara karşı da gelişmiş dayanıklılık göstermiştir.

ASKORBAT PEROKSİDAZ

Askorbat peroksidaz (APX), elektron vericisi olarak askorbat kullanarak H_2O_2'yi suya (H_2O) dönüştüren bir enzimdir. Bitki hücrelerinde APX'in çeşitli izoformları sitozol, peroksizom, mitokondri ve kloroplast gibi alt hücresel bölmelerde bulunur. APX genlerinin ekspresyonu çevresel stres faktörleri tarafından indüklenebilir ve bu sayede bitkilerin olumsuz çevresel koşullara karşı korunmasında doğrudan rol oynar. Wang ve ark. (2006), cAPX geninin aşırı ekspresyonuna sahip transgenik domates bitkilerinin ısı stresi ve UV-B ışınlarına karşı toleransının arttığını, ayrıca domates LetAPX (tilakoidal askorbat peroksidaz) geninin aşırı ekspresyonunun soğuk strese karşı toleransı yükselttiğini ve bununla birlikte klorofil ve GSH içeriğinde önemli değişimler gözlendiğini bildirmiştir.

SONUÇ

Abiyotik stresler, mahsul verimini olumsuz etkileyerek bitkilerin büyüme, gelişme ve verimlilik düzeylerini düşürür. Bu stresler, bitki organizasyonunun her seviyesinde bozukluklara yol açabilir ve şiddetli durumlarda ölüme neden olabilir. Bununla birlikte, bitkiler strese karşı koyabilmek için gelişmiş adaptasyon mekanizmalarına sahiptir. Biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik düzeylerde stres toleransının altında yatan mekanizmaların aydınlatılması, çağdaş bitki fizyolojisinin önemli zorluklarından biri olmaya devam etmektedir. Bitkilerin uyarlanabilir stratejileri ve ilgili bileşenleri incelendiğinde, mahsul stresi toleransını artırmak için potansiyel genetik hedefler belirlenmiş ve bunların uygulanmasına ilişkin örnekler sunulmuştur. Hücresel düzeyde modifiye edilebilecek hedef moleküller ve yollar, zar sisteminin tepkileri, hücre duvarı mimarisi, hücre döngüsü ve bölünmesinin düzenlenmesi ile endojen moleküllerin sentezi ve metabolizmasında görev alan unsurları kapsar. Ayrıca stres tolerans proteinleri (örneğin LEA proteinleri) ve şaperonlar ile diğer stres yanıt proteinleri de bu hedefler arasında yer alır. Genetik mühendisliği, geleneksel ıslah yöntemlerinin sınırlarına ulaşıldığında bile bitki toleransının artırılmasını mümkün kılar. Moleküler biyoloji teknikleri, doğal genetik özellikleri değiştirmeden, geleneksel saha veya in vitro taramada sağlanamayacak kesin gen modifikasyonlarının yapılmasına olanak sağlar. Ayrıca bu tekniklerin zaman etkinliği ve farklı türlere uygulanabilirliği, önemli avantajlar arasında sayılabilir. Bununla birlikte, genetik olarak indüklenen tolerans üzerine yapılan araştırmalarda bazı belirsizlikler vardır; çünkü abiyotik stresler doğaları gereği birbirleriyle etkileşim içindedir ve genellikle bitkileri aynı anda etkilerler. Bu nedenle, yalnızca tek bir genetik olaya odaklanmak yerine, bitki tepkilerini değiştirmek için daha bütüncül ve hedefli stratejilerin geliştirilmesi daha uygun görülmektedir. Bu bağlamda, strese duyarlı genlerin düzenlenmesinde rol oynayan transkripsiyon faktörlerini kodlayan genlerin mühendisliği, özellikle tercih edilen bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, transkripsiyon faktörlerinin çok yönlü aktivitesi ve diğer hedef dizilerin (örneğin mannitol sentez genleri ve birikim yolları) eş zamanlı modifikasyonu, bitkilerin stres tolerans kapasitesinin artırılmasında ek avantajlar sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Ali, F., Bano, A., & Fazal, A. (2017). Recent methods of drought stress tolerance in plants. Plant Growth Regulation, 82(3), 363–375. https://doi.org/10.1007/s10725-017-0267-2

Anjum, N. A., Sharma, P., Gill, S. S., Hasanuzzaman, M., Khan, E. A., Kachhap, K., Mohamed,

Anwar, A., & Kim, J.-K. (2020). Transgenic breeding approaches for improving abiotic stress tolerance: Recent progress and future perspectives. International Journal of Molecular Sciences, 21, 2695.

Azizi-Dargahlou, S., & Mahin, P. (2023). Agrobacterium tumefaciens-mediated plant transformation: A review. Molecular Biotechnology. https://doi.org/10.1007/s12033-023-00788-x

Baoxiang, W., Bo, X., Yan, L., Jingfang, L., Zhiguang, S., Ming, C., Yungao, X., Bo, Y., Jian, L., & Jinbo, L. (2022). A novel mechanism of the signaling cascade associated with the SAPK10-bZIP20-NHX1 synergistic interaction to enhance tolerance of plant to abiotic stress in rice (Oryza sativa L.). Plant Science, 323, 111393.

Biswas, D., Chakraborty, A., Mukherjee, S., & Ghosh, B. (2023). Hairy root culture: A potent method for improved secondary metabolite production of Solanaceous plants. Frontiers in Plant Science, 14, 1197555.

Cappers, R. T. J., & Bekker, R. M. (2012). A manual for the identification of plant seeds and fruits. Barkhuis.

De Nadal, E., Ammerer, G., & Posas, F. (2011). Controlling gene expression in response to stress. Nature Reviews Genetics, 12, 833–845.

Wang, G., Zhang, T., Huang, H., Hou, S., Chen, X., Zheng, F., & Zhan, C.-G. (2016). Plant expression of cocaine hydrolase-Fc fusion protein for treatment of cocaine abuse. BMC Biotechnology, 16(1), 72.

Goel, D., Singh, A. K., Yadav, V., Babbar, S. B., & Bansal, K. C. (2010). Overexpression of osmotin gene confers tolerance to salt and drought stresses in transgenic tomato (Solanum lycopersicum L.). Protoplasma, 245, 133–141.

Gosal, S. S., & Wani, S. H. (2018). Plant genetic transformation and transgenic crops: Methods and applications. In S. Kumar, P. Barone, & M. Smith (Eds.), Biotechnologies of Crop Improvement, Volume 2: Transgenic Approaches (Vol. 2, pp. 1–23). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90650-8

He, M., & Ding, N. Z. (2020). Plant unsaturated fatty acids: Multiple roles in stress response. Frontiers in Plant Science, 11, 562785.

Henkler, F., Brinkmann, J., & Luch, A. (2010). The role of oxidative stress in carcinogenesis induced by metals and xenobiotics. Cancers, 2, 376–396.

Hernández, J. A., Barba-Espín, G., & Diaz-Vivancos, P. (2017). Glutathione-mediated biotic stress tolerance in plants. In M. Hossain, M. Mostofa, P. Diaz-Vivancos, D. Burritt, M. Fujita, & L. S. Tran (Eds.), Glutathione in plant growth, development, and stress tolerance (pp. 309–319). Springer.

Hu, Y., Wu, Q., Sprague, S. A., Park, J., Oh, M., Rajashekar, C. B., Koiwa, H., Nakata, P. A., Cheng, N., & Hirschi, K. D. (2015). Tomato expressing Arabidopsis glutaredoxin gene AtGRXS17 confers tolerance to chilling stress via modulating cold responsive components. Horticulture Research, 2, 1–11.

Jancewicz, A. L., Gibbs, N. M., & Masson, P. H. (2016). Cadaverine's functional role in plant development and environmental response. Frontiers in Plant Science, 7, 870.

Morales, F., Ancín, M., Fakhet, D., González-Torralba, J., Gámez, A. L., Seminario, A., et al. (2020). Photosynthetic metabolism under stressful growth conditions as a basis for crop breeding and yield improvement. Plants, 9, 88. https://doi.org/10.3390/plants9010088

Niki, E. (2009). Lipid peroxidation: Physiological levels and dual biological effects. Free Radical Biology and Medicine, 47(5), 469–484. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2009.05.032

Patade, V. Y., Khatri, D., Kumari, M., Grover, A., Gupta, S. M., & Ahmed, Z. (2013). Cold tolerance in osmotin transgenic tomato (Solanum lycopersicum L.) is associated with modulation in transcript abundance of stress responsive genes. SpringerPlus, 2, 117. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-117

Przybylska, S. (2020). Lycopene – A bioactive carotenoid offering multiple health benefits: A review. International Journal of Food Science and Technology, 55(1), 11–32.

Thangavel, A. A., Devi, P.,Vasudhevan G. D, P., et al. (2016). Catalase and ascorbate peroxidase—representative H2O2-detoxifying heme enzymes in plants. Environmental Science and Pollution Research, 23, 19002–19029.

Rakesh, B., Sudheer, W. N., & Nagella, P. (2021). Role of polyamines in plant tissue culture: An overview. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 145, 487–506.

Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2021). Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling and defense mechanisms. Antioxidants, 10, 277.

Shah, K., Singh, M., & Rai, A. C. (2015). Bioactive compounds of tomato fruits from transgenic plants tolerant to drought. LWT—Food Science and Technology, 61, 609–614.

Song, Y., Zhu, Z., Liu, K., Zhao, Y., Nie, Z., Zhang, L., Fahim, A. M., & Yang, X. (2023). Comparative transcriptome analysis reveals differential gene expression pattern associated with heat tolerance in pepper (Capsicum annuum L.). Horticulturae, 9, 801.

Wang, Y., Wisniewski, M., Meilan, R., Cu, M., & Fuchigami, L. (2006). Transgenic tomato (Lycopersicon esculentum) overexpressing cAPX exhibits enhanced tolerance to UV-B and heat stress. Journal of Applied Horticulture, 8, 87–90.

Zhang, H., Zhu, J., Gong, Z., & Zhu, J.-K. (2022). Abiotic stress responses in plants. Nature Reviews Genetics, 23, 104–119.

Zhang, J., Tan, W., Yang, X.-H., & Zhang, H.-X. (2008). Plastid-expressed choline monooxygenase gene improves salt and drought tolerance through accumulation of glycine betaine in tobacco. Plant Cell Reports, 27, 1113–1124.

Zhao, F., Luo, J., Ibrahim, E., Chen, L., Shen, Y., Ibrahim, M., Alonazi, W. B., Lu, J., Luo, Y., & Wu, H. (2025). Engineering stress resistance: Advances in glycine betaine production for sustainable agriculture. Crop Health, 3, 5.

Zhou, X., Joshi, S., Khare, T., Patil, S., Shang, J., & Kumar, V. (2021). Nitric oxide, crosstalk with stress regulators and plant abiotic stress tolerance. Plant Cell Reports, 40, 1395–1414

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

DOMATES BİTKİSİNDE TUZ STRESİNE KARŞI SAVUNMA MEKANİZMALARI

Doç. Dr. Yelderem AKHOUNDNEJAD
Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü
ORCID: 0000-0002-1435-864X

ÖZET
Tuz stresi, bitki büyümesi, gelişimi ve verimliliğini olumsuz etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Tuzun yol açtığı iyonik, ozmotik ve ikincil stresler, bitkilerin metabolik, fizyolojik ve moleküler süreçlerini bozarak verim kayıplarına ve kalite düşüşüne neden olmaktadır. Bitkiler, tuz stresine karşı adaptif yanıtlar geliştirmek için stres algılama ve sinyalleme mekanizmalarını aktive eder, osmolit birikimi ile hücresel su dengesini düzenler, antioksidan savunma sistemlerini güçlendirir ve iyon homeostazını sağlar. Ayrıca epigenetik düzenlemeler, gen ekspresyonunun çevresel koşullara uygun biçimde modüle edilmesine katkıda bulunarak bitkilerin stresle başa çıkmasını kolaylaştırır. Biyoteknolojik yaklaşımlar, marker-assisted selection ve genom düzenleme teknikleri, stres toleransına katkı sağlayan genlerin tanımlanması ve uygulanmasında önemli ilerlemeler sağlamaktadır. Bunun yanında, besin elementleri, biyostimülantlar ve faydalı mikroorganizmalar gibi dışsal uygulamalar, tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada tamamlayıcı ve sürdürülebilir stratejiler olarak değerlendirilmektedir. Tuz tolerans mekanizmalarının anlaşılması, genetik iyileştirme, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve çevresel streslere uyumlu üretim sistemlerinin geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu derleme, bitkilerin tuz toleransını belirleyen başlıca moleküler ve genetik aktörleri sistematik olarak özetlemekte, bu mekanizmaların modern tarım ve biyoteknoloji uygulamalarında potansiyel kullanımını tartışmaktadır. Tuz stresine karşı dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi, üretimde verim ve kalite kayıplarını önlemenin yanı sıra kaynak kullanım etkinliğinin artırılması ve iklim değişikliğine uyumlu tarımsal sistemlerin oluşturulması açısından da büyük önem taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: Domates (*Solanum lycopersicum L.*), Tuz stres, Ozmotik, Biyoteknoloji

DEFENSE MECHANISMS AGAINST SALT STRESS IN TOMATO PLANT

ABSTRACT
Salt stress is one of the most critical environmental factors negatively affecting plant growth, development, and productivity. The ionic, osmotic, and secondary stresses induced by salinity disrupt metabolic, physiological, and molecular processes in plants, leading to yield losses and reduced quality. To cope with salt stress, plants activate stress perception and signaling pathways, regulate cellular water balance through osmolyte accumulation, enhance antioxidant defense systems, and maintain ion homeostasis. Additionally, epigenetic modifications contribute to the modulation of gene expression in response to environmental conditions, facilitating stress adaptation. Biotechnological approaches, marker-assisted selection, and genome editing techniques have significantly advanced the identification and application of genes contributing to stress tolerance. Moreover, external applications such as nutrient supplementation, biostimulants, and beneficial microorganisms are considered complementary and sustainable strategies to mitigate the negative effects of salinity. Understanding salt tolerance mechanisms is essential for genetic improvement, sustainable agricultural practices, and the development of production systems resilient to environmental stresses.

This review systematically summarizes the key molecular and genetic factors underlying salt tolerance and discusses their potential applications in modern agriculture and biotechnology. Developing salt-tolerant genotypes is crucial not only for preventing yield and quality losses but also for improving resource-use efficiency and establishing climate-resilient agricultural systems.
Keywords: Tomato (*Solanum lycopersicum* L.), Salt stress, Osmotic, Biotechno

GİRİŞ

Domates verimi ve meyve kalitesi, yıllık olarak birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler arasında toprak ve sulama suyunda bulunan tuz konsantrasyonu önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelinde tarım yapılan alanların %20'si ve sulanan arazilerin %33'ü yüksek tuzluluk problemi ile karşı karşıyadır. Ayrıca, iklim değişikliğine bağlı olarak 2050 yılına kadar kuraklık olaylarının artması, tuzlu su kullanımının yaygınlaşması ve yoğun tarımsal uygulamalar nedeniyle tarım alanlarının %50'den fazlasının tuzlulaşma riski altında olacağı öngörülmektedir. Domates (*Solanum lycopersicum* L.), taze olarak veya işlenmiş gıda ürünleri şeklinde dünya genelinde yaygın olarak tüketilen bir sebzedir (Roşca ve ark., 2023). Domates meyveleri, insan sağlığı açısından önemli besin elementleri ve biyoaktif bileşikler bakımından oldukça zengindir (Szabo ve ark., 2018). Özellikle karotenoidler (β-karoten ve likopen), askorbik asit (C vitamini), tokoferol (E vitamini) ve fenolik bileşikler açısından yüksek içerik gösterir. Karotenoidlerden özellikle likopenin, reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize etmede etkili olduğu ve çeşitli kanser türlerine karşı koruyucu özellik gösterdiği bildirilmektedir (Shin ve ark., 2023). Ayrıca likopen, hücreleri oksidatif hasara karşı koruyarak kardiyovasküler hastalıkların önlenmesine ve prostat, meme, akciğer, mesane, over, kolon ve pankreas kanseri gibi çeşitli kanser türlerinin riskinin azaltılmasına katkıda bulunur (Imran ve ark., 2020).

Tuzluluk, halihazırda sulanan alanların üçte birinden fazlasını etkilemiş olup, 2050 yılına kadar dünyadaki ekili arazilerin yarısından fazlasının tuzlu olacağı öngörülmektedir. Toprak tuzluluğu, arazi kullanımını ciddi şekilde sınırlar ve ürün verimini önemli ölçüde etkiler (Haider ve ark., 2023). Bu nedenle tuz stresi, dünya çapında gıda güvenliğini tehdit eden en önemli abiyotik faktörlerden biri haline gelmiştir. Tuzluluk, "toprak ve sulama suyunda çözünmüş mineral tuzların konsantrasyonu" olarak tanımlanmaktadır. Az miktarda çözünmüş tuzlar bitki gelişimi için gerekli olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonlar bitkilere zarar verebilir ve hatta ölümle sonuçlanabilir (Ahanger ve ark., 2017). Tuzlu toprak ve sularda en yaygın görülen tuz sodyum klorürdür. Bunun yanı sıra kalsiyum, magnezyum ve sodyumun klorür, sülfat ve karbonat tuzları da yaygın olarak bulunur. Toprak tuzluluğu genellikle doğal yollarla oluşmakla birlikte, arazi açma, yanlış sulama ve diğer insan kaynaklı faaliyetler bu süreci hızlandırmaktadır.

Tuzlu-alkali arazi iyileştirme teknolojisi, ekilebilir arazilerin genişlemesine katkı sağlasa da maliyet faktörü, uygulama alanını ciddi şekilde sınırlamaktadır. Bu nedenle, tuza dayanıklı ürünlerin yetiştirilmesi, bu zorlu sorunun çözümü için üzerinde durulması gereken önemli bir yaklaşımdır. Tuz toleransını düzenleyen mekanizmaların net bir şekilde anlaşılması, tuz toleransı artırılmış yeni domates çeşitlerinin geliştirilmesini hızlandıracaktır. Tuz stresi genellikle toprak çözeltisindeki yüksek sodyum (Na^+) ve klorür (Cl^-) iyonu konsantrasyonlarından kaynaklanır. Bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri, birincil stresler olarak ozmotik stres ve iyon dengesizliğini, ikincil stresler olarak ise oksidatif stres ve metabolik anormallikleri içerir. Aşırı Na^+ birikimi, toprağın ozmotik basıncının yükselmesine, su potansiyelinin düşmesine ve kök su alımının azalmasına yol açar; böylece bitkide su bulunabilirliği sınırlanır (Farahani ve ark., 2020).

En önemli sebze ürünlerinden biri olan domates (*Solanum lycopersicum* L.), tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilmektedir. Meyveleri taze pazarda gıda olarak tüketilmesinin yanı sıra, genetik, meyve gelişimi ve stres toleransı araştırmaları için de model bitki olarak kullanılmaktadır. Tuz toleransı karmaşık bir özellik olup, tuza dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi; tuzluluk altında bitkilerin fizyolojik tepkilerinin, metabolik değişimlerinin ve gen ifadesi kalıplarının kapsamlı bir şekilde incelenmesini gerektirir. Tuzluluk, bitkilerde çok yönlü olumsuz etkiler oluşturur ve bitkiler bu etkilere karşı çeşitli savunma mekanizmaları geliştirmektedir. Bu tepkiler genellikle iki aşamada incelenir:

1. İyon bağımsız yanıt: Tuzlulukla karşılaşıldıktan sonraki ilk saatler veya günler içinde gözlenir. Bu aşama, stoma kapanması, hücre genişlemesinin durması ve genel bitki büyümesinin baskılanması ile karakterizedir.
2. İyon bağımlı yanıt: Günler veya haftalar süren ikinci aşamada, metabolik süreçlerin yavaşlaması, erken yaprak yaşlanması ve hücre ölümü meydana gelir.

Bitkilerin tuzluluğa adaptasyonu; osmotik tolerans, iyon dışlama ve doku toleransı olmak üzere üç temel mekanizmaya dayanır (Maryum ve ark., 2022). Osmotik tolerans, su kaybının tolere edilmesi ve yaprak genişlemesinin korunması ile; iyon dışlama, Na^+ iyonlarının toksik düzeyde yapraklara taşınmasının engellenmesi ile; doku toleransı ise Na^+ iyonlarının sitoplazmadan uzaklaştırılarak vakuollerde biriktirilmesi ile sağlanır (Wu, 2018). Bu süreçlerde plazma membranı ve tonoplast düzeyinde çeşitli taşıyıcılar görev almaktadır. Ayrıca prolin, glisin betain ve çözünür şekerler gibi osmoprotektanlar sentezlenerek osmotik denge korunmakta ve hücre yapısı stabil tutulmaktadır. Tuz tolerans mekanizmalarının etkinliği, tuzluluk seviyesine bağlı olarak değişmektedir; örneğin, yüksek tuzlulukta Na^+ dışlama daha etkili olurken, orta düzeyde tuzlulukta osmotik tolerans daha belirleyici rol oynamaktadır.

NA^+ VE CL^- TOKSİSİTESİNİN DOMATES MORFOLOJİSİ VE FİZYOLOJİSİNE ETKİLERİ

Bitkilerin tuzluluğa maruz kalması, büyüme ve gelişmelerinde olumsuz etkilere yol açmakta ve hatta ölümle sonuçlanabilmektedir. Tuzluluk stresinin bitkilerde gözlenen ilk belirgin belirtisi genellikle bodur gelişim olup, yapraklarda mavi-yeşil renklenme gözlemlenebilir (Rashid ve ark., 2021). Na^+ iyonlarının toksik etkisi, bu iyonların yaşlı yapraklarda zamanla yüksek konsantrasyonlara ulaşmasıyla ortaya çıkar ve erken yaprak ölümü ile sonuçlanır. Tuzluluk; ozmotik stres, sodyum ve klorür iyonlarının aşırı alımı (sitotoksisite) ve beslenme dengesizlikleri yoluyla bitki büyümesini ve gelişimini engeller (Arif ve ark., 2020). Ayrıca tuzluluk stresi, reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu tetikleyerek oksidatif strese neden olur. Yüksek tuz düzeyleri, fotosentez, solunum, nişasta metabolizması ve azot fiksasyonu gibi fizyolojik süreçleri bozarak verim kayıplarına yol açar. Bitki dokularında tuz birikiminin tolerans sınırlarını aşması, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olarak ürün kalitesi ve veriminde ciddi azalmalar oluşturur. Ayrıca, tuzluluk bitkilerin su alımını sınırlar; olumsuz osmotik basınç nedeniyle kökler yeterli suyu absorbe edemez. Na^+ iyonlarının membran ve proteinleri destabilize ederek hücre bölünmesi ve genişlemesi, primer ve sekonder metabolizma ile mineral besin dengesi gibi temel hücresel ve fizyolojik süreçleri olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Na^+ iyonları aynı zamanda K^+ alımıyla rekabet ederek potasyum eksikliğine yol açar. Tuzluluğun olumsuz etkileri yalnızca Na^+ iyonlarından kaynaklanmaz; Cl^- iyonları da önemli rol oynar (Tavakkoli ve ark., 2010). Bununla birlikte, Cl^- iyonları bazı faydalı işlevler de üstlenir: mikro besin elementi olarak yaprak ozmotik potansiyelinin ve turgorun düzenlenmesine katkı sağlar, yaprak alanı ve biyokütleyi artırarak büyümeyi teşvik eder ve fotosentetik performansı iyileştirir.

Teakle ve Tyerman (2010), 0,2–2 mg g^{-1} taze ağırlık düzeyindeki Cl^- iyonlarının fotosistem II'nin oksijen gelişim kompleksinin stabilizasyonunda, hücre membranlarının elektrik potansiyelinin korunmasında ve tonoplast H^+-ATPaz ile enzim aktivitelerinin düzenlenmesinde rol oynadığını belirtmişlerdir. Na^+ genellikle Cl^-'a kıyasla daha toksik olmakla birlikte, yüksek Cl^- konsantrasyonları azot veya fosfor eksikliğine yol açmakta, fotosistem II (PSII) kuantum verimini ve fotosentetik elektron taşıma hızını bozmakta, nekrotik lezyonlara ve yaprak uçlarında yanmaya neden olarak fotosentez ve büyümeyi olumsuz etkilemektedir (Li ve ark., 2022). Hem Na^+ hem de Cl^- toksisitesi nedeniyle yüksek tuz düzeyleri domates bitkilerinde çok sayıda olumsuz etkiye sebep olur: fenolojik gelişimin bozulması, sodyum ve klorür iyonlarının besin elementleriyle yer değiştirmesi, ozmotik inhibisyon, fotosentetik kapasitenin azalması, besin noksanlıkları ve dengesizlikleri, gen ekspresyonu ve protein sentezinde değişiklikler ve verimde düşüş. Tuzluluk, bitki gelişiminin hemen her aşamasını olumsuz etkiler. Bitkiler, özellikle çimlenme ve erken gelişim dönemlerinde tuzluluğa karşı daha hassastır ve hücrede Na^+ birikimi osmotik stres ile hücre ölümünü hızla tetikleyebilir (Balasubramaniam ve ark., 2023).

TUZ STRESİ ALTINDA DOMATES BİTKİLERİNDE MORFOLOJİK DEĞİŞİKLİKLER

Tuzluluk, domates bitkisinin yaşamının tüm aşamalarını etkileyerek morfolojik özelliklerinde değişikliklere yol açar. Genel olarak bitki morfolojisi, çevresel koşulların bir yansıması olup bitkinin metabolik fonksiyonları hakkında bilgi verir. Yetiştirme ortamındaki tuz içeriğinin, özellikle sodyum klorür (NaCl) seviyesinin artışı, bitkinin fizyolojik görünümünü ve domates tohumlarının çimlenme özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir. Metwally ve Soliman (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, 1/2 MS katı ortamında artan NaCl konsantrasyonunun Jenin 1, Hebron, Ramallah ve Maramand olmak üzere dört domates çeşidinde tohum çimlenmesini geciktirdiği bildirilmiştir. Deneyler, Petri kaplarında 23°C'de ışık altında inkübe edilmiştir ve ilgili tuz konsantrasyonu içeren ortam 8 g L^{-1} agar ile katılaştırılmıştır. 0 mM NaCl'de %50 çimlenme oranına ulaşmak için 'Jenin 1' çeşidinin tohumları 2,45 güne ihtiyaç duyarken, 100 mM NaCl'de aynı çimlenme oranına 8,51 günde ulaşılmıştır. 150 mM NaCl'de ise 'Jenin 1', 'Hebron' ve 'Maramand' çeşitlerinde çimlenme tamamen engellenmiştir. Benzer şekilde, Moles ve ark. (2019), 50, 100 ve 200 mM NaCl seviyelerinin domates tohumu çimlenme oranını önemli ölçüde azalttığını ve özellikle 100 ve 200 mM NaCl'de çimlenmenin tamamen inhibe edildiğini rapor etmiştir. Çimlenmedeki gecikmenin, kısmen osmotik stres veya iyon toksisitesine bağlı olarak enzim aktivitesinin bozulmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Roşca ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada ise tuzluluk arttıkça çimlenmede gecikme gözlenmiş ve dört domates çeşidinde (Sirinka, Weyno, ARP D2 ve Roma VF) ortalama çimlenme süreleri (gün) 4 dS m^{-1}'de sırasıyla 10,70, 8,72, 7,31 ve 6,85 gün, 0 dS m^{-1}'de ise sırasıyla 5,79, 5,69, 4,68 ve 5,09 gün olarak kaydedilmiştir. Düşük NaCl düzeyleri tohum dormansisini indüklerken, yüksek düzeyler çimlenmeyi tamamen engellemiştir. Patanè ve ark. (2009), tuz stresi altında çimlenme hızındaki ve oranındaki azalmanın, tohumlar ile çevresindeki ortam arasındaki su potansiyeli gradyanındaki düşüşle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, NaCl'nin osmotik ve toksik etkilerinin çimlenme sırasında enzim aktivasyonu ve gibberellik asit içeriğini etkilediği ifade edilmiştir.

TUZLULUK STRESİ ALTINDA FİZYOLOJİK DEĞİŞİMLER

Bitkilerin fizyolojik süreçleri, çevresel koşullardaki değişimlere son derece duyarlıdır. Toprakta veya hidroponik yetiştiricilikte NaCl ve diğer tuz düzeylerindeki değişiklikler, bitki fizyolojisi üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Stresin süresi ve şiddetine bağlı olarak fizyolojik süreçlerde meydana gelen değişimler, bitkinin büyüme, gelişme ve verimlilik performansını doğrudan etkiler. Domates bitkisi yapraklarında fotosentez hızı ve klorofil sentezi, yüksek tuz düzeylerine maruz kalma sonucunda olumsuz etkilenebilir (Al-Gaadi ve ark., 2024). Bu durum, kloroplast aktivitesinde ve fotosentezde azalma, klorofilaz enzim aktivitesinde artış ve solunumda yükselme gibi metabolik bozukluklarla ilişkilidir ve klorofil içeriğinde düşüşe yol açar. Roşca ve ark. (2023), soilless (topraksız) yetiştiricilikte 'Lakshmi' domates çeşidinde NaCl düzeyinin 0'dan 0,5 g kg^{-1}'a yükselmesiyle yapraklardaki klorofil içeriğinin 0,996 mg g^{-1}'den 0,751 mg g^{-1}'e düştüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde, klorofil b sentezinde kontrol grubuna kıyasla %27,73 oranında bir azalma gözlenmiştir. Hidroponik koşullarda yetiştirilen 'Super Chef' domates çeşidinde 120 mM NaCl uygulaması, toplam klorofil içeriğinde 0 mM NaCl kontrol grubuna göre %40,93 azalmaya yol açmıştır. Tuzluluğun domates bitkisinde fotosentetik süreçler üzerindeki etkisi, çeşitli çalışmalarda klorofil floresansı ile değerlendirilmiştir. Tuzluluk ayrıca prolin (Pro) ve glisin betain (GB) gibi uyumlu çözünenlerin birikimini düzenler. Tuz stresi, Pro düzeyini anlamlı ölçüde artırır ve domates yapraklarındaki Pro seviyesi köklerden daha yüksektir; bu durum, klorofil içeriğinin ve hücre turgorunun korunmasına katkıda bulunarak fotosentetik aktivitenin devamını destekler. GB içeriği, tuza maruz kalan iki ticari genotipte azalırken, tuza dayanıklı genotipteki seviyeler hassas genotiptekinden daha düşük olmuştur. Ayrıca, domates bitkilerinde toprakta veya hidroponik yetiştirme ortamında gerekli mineral elementlerin alımı, tuzluluk stresi altında önemli ölçüde etkilenmektedir.

TUZLULUK STRESİNİN DOMATES BİTKİSİ VE MEYVELERİNDE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERE ETKİSİ

Tuzluluk stresi, domates bitkilerinin morfolojik ve fizyolojik durumunu sınırlamakla kalmaz, aynı zamanda bitkilerdeki biyokimyasal süreçleri de değiştirir. Birçok çalışma, yüksek tuz konsantrasyonlarının biyokimyasal dengesizliklere yol açtığını ve bunun sonucunda bitki verimliliğinin azaldığını göstermiştir (Arif ve ark., 2020). Orta derecede tuzluluk hassasiyeti gösteren domates bitkilerinde, tuz stresine yanıt olarak hormonlar, reaktif oksijen türleri (ROS) ve antioksidanların birikiminde artış veya azalma gibi çeşitli biyokimyasal değişimler gözlenmiştir. Bu değişimler, genellikle 25–600 mM arasında değişen NaCl konsantrasyonları ile uygulanan tuzluluk stresinde kaydedilmiştir. Bitkiler tuzluluk stresine genellikle iki aşamalı olarak yanıt verir. İlk aşama, günler veya haftalar süren bir dönemi kapsar ve bu dönemde ozmotik stres etkisi baskındır. İkinci aşama ise haftalardan aylara kadar sürebilir ve bu dönemde yapraklarda biriken tuzun iyonik toksisite etkisi bitki büyümesini olumsuz yönde etkiler. İlk aşamada fitohormonlar, bitki büyümesinin düzenlenmesinde önemli rol oynar. Tuzlu koşullarda absisik asit (ABA), domates yapraklarında ve/veya köklerinde birikebilir; bu birikim, düşük toprak su potansiyeline yanıt olarak stomaların kapanmasına yol açar ve böylece fotosentez üzerinde etkili olur veya kök gelişimini artırabilir (Lovelli ve ark., 2012). Tuzluluk stresi altında, bitkilerde ROS içeriği artmakta ve bu durum oksidatif hasarlara neden olmaktadır. Domates bitkilerinde yapılan çalışmalar özellikle malondialdehit (MDA; lipid peroksidasyon belirteci), karbonil grupları, H_2O_2, O_2^- ve lipoksijenaz (LOX) aktiviteleri üzerine odaklanmıştır. Bu bileşiklerin birikimi, bitki büyüme ve gelişiminin inhibisyonuna ve hatta ölümüne yol açabilmektedir.

Yüksek tuzluluk stresi altında, domates bitkileri daha fazla Na^+ ve Cl^- toplarken, K^+ ve Ca^{2+} seviyeleri azalır ve iyon homeostazı bozulur; buna karşılık, sodyum tercihen yaşlı yapraklarda birikerek genç yaprakları tuzluluk stresinin toksik etkilerinden korur. Cl^-'nin zararlı etkileri, nitrat iyonu (NO_3^-) gibi diğer temel iyonların alımına veya metabolizmasına müdahale ederek ortaya çıkar (Arif ve ark., 2020). Çeşit farklılığı da kritik bir rol oynamaktadır. Örneğin, Micro-Tom domates çeşidinin 120 mM NaCl'ye, Marmande ve Grand Brix çeşitlerinin ise 100 mM NaCl'ye maruz kalması, MDA ve karbonil grupları ile H_2O_2 ve LOX içeriklerinde artışa yol açarken; S. chilense Dun. ve cerasiforme çeşitlerinde 40, 80 ve 160 mM NaCl uygulamaları MDA içeriğini etkilememiştir (Martínez ve ark., 2020). Genel olarak tuzluluk stresi, diğer abiyotik stresler gibi bitkilerde gen ekspresyonunda değişimlere yol açar. Tuz stresine bağlı gen ekspresyonu ile ilgili bilgiler hâlen sınırlıdır ve çoğunlukla transkripsiyon faktörlerindeki değişimlerle ilişkilendirilmiştir (Hussain ve ark., 2021). Domates üzerinde yapılan çalışmalar, tuzluluk stresinin gen ekspresyonu üzerindeki etkilerini farklı çeşitlerde incelemiş ve çoğunlukla 50–500 mM NaCl konsantrasyonları kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar, tuz stresine maruz kalan bitkilerde hücre duvarı yapımı, uçucu ve ikincil metabolitlerin biyosentezi, protein sentezi ve taşınım aktiviteleri gibi süreçlerden sorumlu genlerin ekspresyonunda değişimler olduğunu göstermektedir.

TUZLULUĞUN DOMATES VERİMİ VE MEYVE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Toprakta veya besin ortamında yüksek sodyum klorür (NaCl) düzeyleri, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini, gen ekspresyonunu ve morfolojisini etkilediği gibi verim ve meyve kalitesi üzerinde de önemli değişiklikler yaratmaktadır. Domates üzerinde gerçekleştirilen çalışmaların çoğu, tuzluluğun meyve kalitesi üzerinde genellikle olumlu veya nötr etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Besin çözeltilerinde 5 dS m^{-1}'e kadar tuzluluk seviyelerinin meyve kalitesini artırabileceği belirtilmiştir. Ikram ve ark. (2024) tarafından iki domates çeşidinde yapılan çalışmada, tuzluluk toplam çözünmüş katı madde (TSS) içeriğini artırmış, askorbik asit içeriği ve toplam asidite (TA) üzerinde ise anlamlı bir etki gözlenmemiştir. 40 veya 80 mM NaCl uygulamalarında TSS ve TA içeriğinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Toprakta 6,8 dS m^{-1} tuzluluk seviyesinde, Maxifort anaç üzerine aşılı Buran F1 çeşidinin meyvelerinde TSS ve TA değerleri, EC değeri 1,7 dS m^{-1} olan toprakta yetiştirilen meyvelere kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Pašalić ve ark., 2017). Sato ve ark. (2006) ise besin çözeltisindeki tuz zenginleşmesinin domates meyvesinin asiditesini artırdığını rapor etmiştir. Ayrıca, tuzluluğun meyve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini destekleyen başka çalışmalar da mevcuttur.

DOMATESTE TUZ TOLERANSI MEKANİZMALARI

TUZ SİNYAL YOLLARI VE İYON TAŞINMASI

Tuzun bitkilere nasıl girdiği ve tuz algılama mekanizmaları henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. İyon alımı esas olarak apoplastik ve simplastik yollarla gerçekleşirken, su kök boyunca apoplastik, simplastik ve transhücresel yollar aracılığıyla radyal olarak hareket eder (Foster ve Miklavcic, 2017). Apoplasttaki yüksek tuzluluk, su ve iyonların termodinamik dengelerini değiştirerek iyonik ve/veya ozmotik streslerin ortaya çıkmasına neden olur. 75 mM NaCl ile muamele edilen domates bitkilerinde simplastik yol boyunca su hareketinin yüzdesi, muamele edilmeyen bitkilere kıyasla daha düşüktür. Tuzlu koşullar altında apoplastik yol boyunca su ve çözünen maddelerin toplu akışı, daha düşük seçicilik ve azaltılmış iyon alımı ile sonuçlanır (Fernández-García ve ark., 2002). Tuz toleransı farklı olan domates türlerinde apoplastik yolun katkısının daha ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Bitkiler tuz stresini kısa sürede algılar ve tepki verir; ancak hücrelerde spesifik bir tuz sensörü hâlen tanımlanmamıştır. Monokasyonla indüklenen sitozolik Ca^{2+} ($[Ca^{2+}]i$) artışları, MOCA1 tarafından kodlanan glukuronosiltransferazın plazma membranında glikozil-inositol fosforilseramid (GIPC) sfingolipidlerinin biyosentezinde rol oynamasıyla gerçekleşir. GIPC'ler doğrudan Na^+ ile etkileşime girer ve Ca^{2+}'nin sitozole girişini düzenler; ancak sinyal iletim mekanizmasının detayları hâlen belirsizliğini korumaktadır. Tuz stresine verilen bitkisel yanıt, birden fazla sinyal yolunun algılanması ve entegrasyonunun bir sonucudur. Yüksek tuzluluk, sitozolik Ca^{2+}'nin hızla birikmesine yol açarak, tuz algılama rölelerinin erken sinyal bileşenlerini oluşturur. Domateste SOS1 düzeylerinin azalması, tuza duyarlı bir fenotipe neden olur. Arabidopsis'te AtSOS2'nin aktif formlarının aşırı ekspresyonu transgenik bitkilerde tuzluluk toleransını artırırken (Yang ve ark., 2009), domateste hem doğal hem de aktif SOS2 formlarının aşırı ekspresyonu tuz toleransını güçlendirir. SOS2'yi aşırı ekspresyonla üreten domates bitkilerinde SOS1 aktivasyonu, kök epidermal hücrelerinden Na^+'nin dışarı atılmasına ve Na^+'nin sürgünlere aktif olarak taşınmasına katkıda bulunur. Ayrıca, domates SOS3-1 güçlendiricisi (ENH1) aşırı ekspresyonu ile sitozolden daha fazla Na^+ atılır ve vakuollere taşınır; bu süreç, iyon homeostazını yeniden sağlamak için sitozolde daha fazla K^+ tutulmasını destekler.

OZMOTİK AYARLAMA

Yüksek tuzluluk, bitki hücrelerinde iyonik dengesizliğe ve su açığına neden olur ve bu da ozmotik strese yol açar (Yadav ve ark., 2011). Azaltılmış hiperozmolaliteye bağlı hücre içi kalsiyum (Ca2+)artışını kodlayan OSCA1 geni, hiperozmolalite kapılı kalsiyum geçirgen bir kanal olup bir ozmotik stres sensörü olarak tanımlanmıştır. Ancak, yüksek tuzluluk tarafından tetiklenen ozmotik stres bağlamında OSCA1'in rolü hâlen stres altında, çözünen maddeler ozmolit görevi görebilir veya biyolojik makromoleküllerin yapısını stabilize tartışmalıdır (Yuan ve ark., 2014). Bitkiler, ozmotik ayarlamayı çözünen maddelerin konsantrasyonunu artırarak ve su potansiyelini azaltarak gerçekleştirir; bu, ozmotik dengesizliklerin hafifletilmesi ve hücre turgorunun korunması için hayati önem taşır (Chen ve Jiang, 2010). Ozmotik ederek koruyucu bir rol oynayabilir . Ozmotik düzenleyiciler esas olarak inorganik iyonları ve organik maddeleri içerir (Ahanger ve ark., 2014). Organik ozmolitler arasında şeker, kompleks şekerler, Pro, GB, poliaminler (PA'lar), polioller ve geç embriyogenezde bol miktarda bulunan (LEA) proteinler bulunur. "Halofitler ve tuza dayanıklı halofit olmayan türler, yalnızca sitoplazmada ozmotik ayarlama için organik çözünür maddeler sentezlerken, vakuoldeki ozmotik ayarlamanın büyük kısmını topraktan Na^+ ve Cl^- iyonlarını alarak sağlar; bu yöntem enerji açısından daha verimlidir. Buna karşın, düşük doku toleransı nedeniyle tuza duyarlı türlerde ozmotik ayarlamanın önemli bir bölümü organik çözünür maddeler aracılığıyla gerçekleşir; ancak bu bileşiklerin sentezi yüksek enerji maliyeti gerektirdiğinden büyüme oranını sınırlar (Flowers ve Colmer, 2008).

Potasyum (K), bitkilerin büyümesi için gerekli olan temel makro besinlerden biridir ve tuzun neden olduğu hücre hasarını önlemede kritik bir rol oynar. Ekzojen potasyum uygulaması, endojen hidrojen sülfür (H_2S) sinyallemesi aracılığıyla karbonhidrat metabolizmasını ve prolin (Pro) birikimini aktive eder; bu da ozmotik toleransı artırarak tuz stresi altındaki domates fidelerinin hidrasyon seviyelerini yükseltir (Khan ve ar., 2021).

Glisin betainin (GB), tuz stresinin neden olduğu ozmotik dengesizliği azaltmadaki faydalı etkileri çeşitli bitkilerde gösterilmiştir. Ancak bazı domates genotiplerinde GB konsantrasyonu, kolin yoluyla GB sentezi sırasında üretilen H_2O_2'nin neden olduğu oksidatif stresle ilişkili olarak tuz toleransı ile negatif korelasyon gösterebilmektedir.

Tuz stresi altında, amino asit birikimini indükleyen ekzojen ABA uygulaması, su kaybına karşı ozmotik ayarlama kapasitesini artırır ve domates yaprak vakuollerinde biriken aşırı Na^+ iyonlarını nötralize eder. Ayrıca, trehaloz uygulaması ozmotik bileşikler (prolin, GB ve çözünür proteinler) birikimini teşvik ederek domates bitkilerinde tuz hasarını hafifletir (.

DOMATESTE TUZ VE ROS MEKANİZMALARI

Tuz stresinin neden olduğu reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı birikimi, bitkilerde oksidatif stres oluşturarak iyonik dengesizliğe, DNA mutasyonlarına, lipit ve karbonhidratların peroksidasyonuna, protein denatürasyonuna, pigmentlerin bozulmasına ve enzimatik aktivitelerin zarar görmesine yol açar. Domates bitkileri, bu oksidatif stresi azaltmak amacıyla etkili bir antioksidan savunma sistemi geliştirmiştir (Parvin ve ark., 2019). Domates CAT geninin ifadesi tuz stresi altında hassas bir şekilde ayarlanır. Domates kloroplastındaki MDHAR'ın aşırı ekspresyonu, AsA seviyelerini yükseltir, APX aktivitesini sürdürür ve H_2O_2'nin indirgenmiş detoksifikasyonunu hızlandırır; bu da tuz ve polietilen glikol (PEG) kaynaklı osmotik strese toleransı artırır. Poliamin (PA) aracılı transglutaminaz (TGase) ise PA birikimini artırarak SOD, APX, MDHAR ve CAT gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini daha da yükseltir ve böylece domateste tuz kaynaklı oksidatif hasarı azaltır (Li ve ark., 2012).
Tuz stresi kaynaklı ROS sinyal iletimi ve temizleme yollarında fitohormonlar arasındaki etkileşimlerin rolleri daha kapsamlı şekilde araştırılmalıdır. Gamma-aminobütirik asit (GABA) metabolik yolu, GABA şantı olarak da bilinir ve muhtemelen amino asit sentezini ve ROS metabolizmasını modüle ederek domatesin tuz toleransında önemli bir rol oynamaktadır. Eksojen GABA uygulaması, tuz stresini hafifletmede olumlu etkiler gösterir; bu etki büyük ölçüde, hem tuz hem de eksojen GABA tarafından indüklenen endojen GABA aracılığıyla sağlanan osmotik düzenleme ve antioksidan metabolizmaya bağlıdır (Ullah ve ark., 2023). GABA şantında glutamat dekarboksilaz (GAD), glutamatın GABA'ya dekarboksilasyonunu katalize eder; GABA transaminaz (GABA-T) GABA'yı süksinik semialdehide (SSA) dönüştürür ve SSA dehidrogenaz (SSADH) SSA'nın süksinata oksidasyonunu katalize eder. GAD ve GABA-T genleri susturulmuş domates bitkilerinde, reaktif oksijen türlerinin birikimi artmakta ve tuz stresine karşı hassasiyet yükselmektedir. Bu durum, GABA shunt'tan türetilen süksinat düzeylerinin azalmasına bağlı olarak mitokondriyal elektron taşıma zincirinde işlev bozukluğu ile ilişkilendirilmiştir. Öte yandan, SSADH geninin susturulduğu bitkilerde tuz stresine daha düşük duyarlılık gözlenmiş; bu durum, susturulmuş ve kontrol bitkileri arasında benzer ROS seviyelerinin bulunmasından kaynaklanmaktadır (Bao ve ark., 2015).

DOMATESİN TUZ TOLERANSINI ARTIRMA YAKLAŞIMLARI

GENETİK MÜHENDİSLİK

Tuz toleranslı transgenik domates hatları, iyon taşınımı, osmoregülasyon, antioksidanlar, stres proteinleri ve transkripsiyon faktörleri (TF'ler) ile sinyal iletiminde görev alan evrensel stres proteinleri gibi farklı metabolik özellikler hedeflenerek geliştirilmiştir. Tuz toleransını genetik mühendislik yoluyla düzenlemek amacıyla çeşitli domates transkripsiyon faktörleri kullanılmaktadır. C2H2 tipi çinko parmak proteinlerinin (ZFP) aşırı ekspresyonu, fotosentezin sürdürülmesini sağlayarak, poliamin (PA) biyosentezini artırarak ve askorbat (AsA) aracılı reaktif oksijen türleri (ROS) temizleme kapasitesini güçlendirerek tuz toleransını iyileştirmektedir. (Li ve rak., 2018). bZIP1, temel bölge/leucine zipper (bZIP) ailesine ait bir transkripsiyon faktörü olarak, ABA aracılı sinyal yollarını düzenleyerek domateste tuz toleransını artırmaktadır.

Temel heliks-döngü-heliks (bHLH) transkripsiyon faktörü bHLH22'nin aşırı ekspresyonu, osmotik potansiyeli yükseltmekte, flavonoid ve ABA birikimini artırmakta ve aktif oksijen temizleme mekanizmalarını güçlendirerek tuz ve kuraklık stresine karşı direnci iyileştirmektedir. RING parmak E3 ligazı SpRing ise Na^+ ve K^+ iyon homeostazını, H_2O_2 seviyelerini ve lipid peroksidasyonunu düzenleyerek, stresle ilişkili genlerin ekspresyonunu artırmakta ve tuz stresine karşı pozitif bir düzenleyici rol oynamaktadır (Qi ve ark., 2016). Melatonin sentezi ile ilgili gen Caffeic Acid O-Methyltransferase 1 (COMT1) aşırı ekspresyonu, Na+/K+ dengesini koruyarak, SOS yolunu aktive ederek iyon hasarını azaltarak, antioksidan kapasiteyi artırarak ve stres ile ilgili genleri yukarı regüle ederek tuz toleransını artırmaktadır.

MOLEKÜLER ISLAH VE İŞARET DESTEKLİ SEÇİM İLE TUZ TOLERANSI

Tuz toleransı çok genli bir özellik olduğundan, mahsullerin tuz toleransını artırmaya yönelik geleneksel ıslah yöntemleri hem zaman alıcı hem de yoğun iş gücü gerektiren bir süreçtir; ayrıca, bu yöntemler istenmeyen özelliklerin ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle, QTL (Quantitative Trait Loci) analizi ile işaret destekli seçimin (MAS, Marker-Assisted Selection) kombinasyonu, ıslah sürecini basitleştirmek ve etkinleştirmek için etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. MAS, bir çaprazlama programı kapsamında oluşturulan hatların seçiminde kullanılabilir ve bitkilerin stres koşulları altındaki performansını doğrudan değerlendirme gereğini ortadan kaldırır. Ayrıca, moleküler işaretler ile tuz stresi fenotipleri arasındaki ilişki analizi, yalnızca domates tuz toleransının moleküler temelini ortaya koymakla kalmaz, aynı zamanda hedef çeşitlerde tuz toleransı özelliklerinin aktarımı için rehberlik sağlar (Hanin ve ark., 2022). Moleküler bağlantı haritalarının oluşturulması ve tuz toleransı ile ilişkili QTL'lerin tanımlanması, MAS (işaret destekli seçim) ve piramitleme yaklaşımları yoluyla domateste tuz toleransının artırılmasında temel bir gerekliliktir. Ayrıca, yeni nesil dizileme (NGS) teknolojisi, yüksek yoğunluklu genetik haritaların elde edilmesine olanak sağlayarak, MAS'ın tuz toleranslı domates çeşitlerinin moleküler ıslahında daha etkin bir şekilde kullanılmasını desteklemektedir (Foolad ve ark., 1998).

TUZ STRESİNE KARŞI AŞILAMA STRATEJİLERİ

Aşı, tuz stresi ile başa çıkmak için ekonomik olarak uygun ve sürdürülebilir bir strateji olup, tuz toleranslı domates ıslahına etkili bir alternatif sunar. Aşının etkinliği, hem aşılanan bitkinin hem de anaç bitkinin özelliklerine, bunların karşılıklı etkileşimlerine ve uygulanan stresin yoğunluğuna bağlıdır (Alqardaeai ve ark., 2024). Tuza duyarlı domates çeşitlerini tuza dayanıklı anaçlara aşılamak, tuz stresinin büyüme, verim ve meyve kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini etkili bir şekilde azaltabilir. Aşılanan bitkilerin kök sistemi daha güçlü olup, su ve besin maddelerini alımda daha etkilidir. Ayrıca, aşılanmış domates bitkileri iyonik stresi azaltarak K^+, Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının sürgünlere ve yapraklara transferini artırır ve ROS kaynaklı oksidatif hasarı minimize ederek tuza dayanıklılığı iyileştirir (Jia ve ark., 2022).

DOMATESTE TUZ TOLERANSINI ARTIRMADA ÖN İŞLEMLER

Domates bitkilerinin tuzluluk koşullarına adaptasyon yeteneğini artırır. Bu uygulamalar, Na^+ ve K^+ homeostazını düzenleyerek, su dengesini iyileştirerek, oksidatif stresi azaltarak ve fotosentetik performansı artırarak domatesin tuzluluk toleransını güçlendirir. Isı stresi kaynaklı tuz toleransı, bitkilerde "çapraz tolerans" olarak adlandırılan bir olguya örnek teşkil eder. Dolayısıyla tuzluluk, domatesin diğer çevresel streslere karşı toleransını artırmada önemli bir düzenleyici rol oynayabilir.

Tuzluluğa uyum sağlama mekanizmaları, tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletirken, orta düzeyde tuz stresi verimi düşürmeden meyve kalitesini artırabilir (Roşca ve ark., 2023). Yükseltilmiş CO_2, antioksidan kapasiteyi, iyon homeostazını ve poliamin (PA) metabolizmasını iyileştirerek, ABA ve etilen (ET) düzeylerini düşürerek ve terlemeyi baskılayarak domatese artan toprak tuzluluğu ve ikincil tuzluluk koşullarına karşı tolerans kazandırır. Ekzojen vanilik asit ve kuersetin, glioksalaz sisteminin etkinliğini artırarak tuz toleransını güçlendirir. Spermidin ve 24-epibrassinolid (EBR) ise PA metabolizmasını düzenleyerek domatesin tuzluluk ve alkalinite stresine karşı toleransını artırır (Kumar ve ark., 2023). Domateste tuz toleransını iyileştirmek için diğer stratejilerden daha basit ve daha ekonomik olabilir. Domatesin tuz stresine adaptif mekanizması, tuz toleransını iyileştirmek için ön işlemler için teorik bir temel sağlayabilir. Metabolomik ve diğer omik yaklaşımların entegrasyonu, domatesin tuz stresine verdiği tepkiye dair kapsamlı bir içgörü sağlayacaktır.

FAYDALI MİKROORGANİZMALARLA TUZ TOLERANSININ ARTIRILMASI

Yararlı toprak mikroorganizmaları ile etkileşim, bitkilerde tuz toleransını artırır. Bitkiler ve mikroorganizmalar arasındaki ortak evrimin bir sonucu olarak, bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPB), tuz stresini hafifletmek amacıyla sürdürülebilir tarımda uygulanabilecek yeni bir biyolojik strateji sunar (Magotra ve ark., 2024). Fe edinimi, ROS temizlenmesi ve antioksidan bileşiklerin içeriğindeki artış sayesinde kolaylaşır. Endofitik halotolerant Bacillus velezensis FMH2, domates bitkilerinde iyon birikimini düzenleyerek (endojen Na^+ birikimini azaltıp K^+ ve Ca^{2+} alımını artırarak) ve antioksidan tepkileri güçlendirerek tuz stresini hafifletir. (Masmoudi ve ark., 2023). Arbusküler mikorizal mantarlar (AMF), temel elementlerin alım ve asimilasyonunu artırarak, antioksidan sistemleri ve fotosentezi aktive ederek, temel hormon birikimini düzenleyerek ve besin taşıyıcıları ile enzimleri etkinleştirerek tuz stresini hafifletebilir. Bitki büyümesini teşvik eden bakteriler ve AMF, yalnızca tuzlu topraklarda bitki gelişimini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda kirlenmiş toprakların biyoremediasyonunu da teşvik eder. Farklı yararlı mikroorganizmaların birlikte uygulanması, tuz toleransını daha da artırabilir; ancak bu yaklaşımın etkinliği için ilave deneyler gereklidir (Van Straten ve ark., 2019).

NANOPARTİKÜLLER İLE ROS TEMİZLEME VE TUZ TOLERANSININ ARTIRILMASI

Geliştirilmiş ROS temizleme mekanizmaları, bitkilerde tuz toleransını artırır. ROS temizleme kapasitesine sahip nanopartiküllerin (NP'ler) kullanımı, stres koşulları altında bitkilerde ROS homeostazını düzenlemeye yönelik yeni bir yaklaşımdır. Antioksidan enzim aktivitelerinin artırılmasına ek olarak, çinko oksit nanopartikülleri (ZnO-NP'ler), tuz stresi altında protein içeriğini ve fotosentetik özellikleri iyileştirerek bitki büyümesini destekler ve domates üzerindeki tuzluluk kaynaklı olumsuz etkileri hafifletir (Faizan ve ark., 2019). Genel olarak, nanobiyoteknolojinin bitkilerde ROS homeostazını düzenleme, tuz toleransını artırma ve sürdürülebilir tarıma katkı sağlama konusunda önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Domateste tuz toleransını geliştirmek için yukarıda belirtilen yöntemler, çiftçiler tarafından benimsenen geleneksel yetiştirme uygulamaları ile birleştirilmelidir. Bu uygulamalar arasında ürün rotasyonu, ekim ve dikim tarihlerinin yanı sıra hasat zamanlarının seçimi, uygun sulama teknikleri, ekim yoğunluğu ve malçlama filmleri yer almaktadır (Gawad ve ark., 2005).

SONUÇ

Domates (Solanum lycopersicum L.) bitkilerinde tuzluluk stresi, çimlenmeden morfolojik özelliklere, fizyolojik parametrelerden biyokimyasal ve moleküler düzeydeki süreçlere kadar geniş bir yelpazede hem olumlu hem de olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Genel olarak, domates bitkilerinin çimlenme, morfoloji ve fizyolojik durumları tuz stresi altında olumsuz etkilenmektedir. Toprak tuzluluğunun artması, su potansiyelini kök su potansiyeline yaklaştırarak köklerden su alımını yavaşlatır ve kuraklık stresine benzer belirtilerin ortaya çıkmasına neden olur. Ayrıca, tuzlu topraklarda Mg^{2+}, Ca^{2+}, K^{+} ve NH_4^{+} gibi katyonlar ile NO_3^{-} ve PO_4^{3-} gibi anyonlar, Na^{+} ve Cl^{-} iyonları ile besin alımı için rekabet eder. Bu durum, besin eksiklikleri ve Na^{+} ile Cl^{-} iyonlarının toksisite etkilerinin ortaya çıkmasına yol açarak bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkiler.

Tuz toleransı mekanizmalarının açık bir şekilde tanımlanması ve domates bitkilerinde tuz stresine yanıt veren anahtar genlerin belirlenmesi, tuza dayanıklı çeşitlerin hızlı bir şekilde geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Tuz stresi, yüksek tuz konsantrasyonu yoluyla ozmotik stres ve iyonik dengesizliğe neden olarak domates bitkilerinin büyüme ve fotosentez süreçlerini sınırlar. Bu olumsuz etkilerle başa çıkmak için domates bitkileri, iyon homeostazını koruma, ozmotik düzenleme yeteneğini artırma ve antioksidan enzim aktivitelerini iyileştirme gibi stratejiler geliştirmiştir. Tuz tolerans mekanizmalarının etkinliğini artırmak için çözülmesi gereken sorunlar arasında Na^{+} iyonlarının algılanması, Cl^{-} iyonlarının taşınması ve detoksifikasyonu, hücre ve doku düzeyinde toksisitenin haritalanması, tuz toleransını artıran yeni QTL'lerin tanımlanması ve tuz stresi altında farklı hormonların çapraz etkilerinin incelenmesi yer almaktadır. Transkripsiyon faktörlerinin genetik dönüşümü, saha koşullarında transgenik bitkilerin beklenen tuz toleransını göstermemesi nedeniyle sınırlı çözüm sunabilmektedir; çünkü bu faktörler genellikle çok sayıda strese yanıt verir ve birçok hedef genin ekspresyonunu başlatır. Genetik dönüşümde, dönüştürülen bitkilerin genetik arka planına özel dikkat gösterilmesi, tuz toleranslı genlerin etkinliğini belirleyebilir. Domates genom düzenlemesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, çalışmalar genellikle gelişim, metabolizma, biyotik stresler ve kuraklık, soğuk veya herbisit gibi abiyotik stresler üzerinde yoğunlaşmıştır; tuz stresi üzerine araştırmalar hâlen sınırlıdır. Genom düzenleme, aynı domates çeşidinde birden fazla tuz tolerans genini eş zamanlı olarak hedefleyerek toleransı artırmada önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, tuz toleranslı alelleri taşıyan yabani domates türleri, kültür domateslerinin tuz toleransını artırmak için değerli doğal kaynaklardır. Gelecekte, yeni QTL'lerin belirlenmesi ve domates tuz stresinin düzenleyici ağının geliştirilmesi, tuz toleransını artırmak için tarımsal tekniklerin kombinasyonunu optimize etmek amacıyla GWAS, genom, transkriptom ve proteom analizleri ile desteklenebilir. Domates tuz toleransı için yüksek verimli fenotipleme yöntemleri geliştirilebilir, yabani tuz toleranslı türlerin kullanımı güçlendirilebilir, hassas ıslah için etkili gen düzenleme ve genetik dönüşüm teknikleri uygulanabilir ve ıslah verimliliğini artırmak için MAS (Marker-Assisted Selection) kullanılabilir. Bu stratejiler sonucunda, tuzluluk koşulları altında yüksek verimli ve kaliteli domatesler üretmek mümkün olacaktır. Toprak tuzluluğu, dünya genelinde tarımsal verim kayıplarının başlıca nedenlerinden biridir. Doğal faktörler (topografya ve jeolojik materyal türü) yanında, uygunsuz tarımsal uygulamalar (aşırı gübreleme, uygun drenajı olmayan sulama ve yıkama işlemleri) toprak tuzlanma sürecini yoğunlaştırmaktadır. Toprak tuz konsantrasyonundaki artışlar, köklerin su ve besin alımını sınırlandırarak bitkileri doğrudan etkilemektedir. Tuz stresi, gen ekspresyonunu etkileyerek bazı genlerin yukarı veya aşağı regülasyonuna yol açabilir.

Benzer şekilde, biyokimyasal parametrelerdeki artış veya azalmalar, bitkilerin homeostazlarını koruyarak stres koşullarına adaptasyon sağlama çabalarını yansıtabilir; ancak bazı durumlarda azalmalara, biyokimyasal yolakların düzensizliği neden olabilir. Tuzluluk, domates meyvesinin kalitesi üzerinde çoğu zaman olumlu etkiler göstermektedir; bunun nedeni, düşük su içeriği ve şekerler, amino asitler ve inorganik çözücüler gibi osmoprotektanların birikimidir. Olumsuz etkiler ise bitki primingi veya genetik modifikasyon teknikleri ile hafifletilebilir; bu yaklaşımlar umut verici olmakla birlikte hâlen sınırlı ve başlangıç aşamasındadır. Araştırmalar genellikle tuza dayanıklı domates çeşitlerinin geliştirilmesine odaklanmış olup, ticari hatların tuzlu saha koşullarında test edilmesi gereklidir.

KAYNAKÇA

Abdel Gawad, G., Arslan, A., Gaihbe, A., & Kadouri, F. (2005). The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria (1999–2002). Agricultural Water Management, 78, 39–53.

Ahanger, M. A., Tomar, N. S., Tittal, M., Argal, S., & Agarwal, R. M. (2017). Plant growth under water/salt stress: ROS production; antioxidants and significance of added potassium under such conditions. Physiology and Molecular Biology of Plants, 23, 731–744.

Ahanger, M. A., Tyagi, S. R., Wani, M. R., & Ahmad, P. (2014). Drought tolerance: role of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. In P. Ahmad & M. R. Wani (Eds.), Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment (Vol. 1, pp. 25–55). New York, NY: Springer.

Al-Gaadi, K. A., Tola, E., Madugundu, R., Zeyada, A. M., Alameen, A. A., & Edrris, M. K. (2024). Response of leaf photosynthesis, chlorophyll content and yield of hydroponic tomatoes to different water salinity levels. PLoS ONE, 19, e0293098.

Alqardaeai, T., Alharbi, A., Alenazi, M., Alomran, A., Elfeky, A., Osman, M., Obadi, A., Aldubai, A., Ortiz, N. R., Melino, V., Tester, M., & Pailles, Y. (2024). Effect of tomato grafting onto novel and commercial rootstocks on improved salinity tolerance and enhanced growth, physiology, and yield in soilless culture. Agronomy, 14(7), 1526.

Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. Plant Physiology and Biochemistry, 156, 64–77.

Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N., & Zhang, H. (2023). Plants' response mechanisms to salinity stress. Plants, 12, 2253.

Bao, J., Guo, Y., Wang, Y., Sun, X., He, Y., & Song, H. (2015). Virus-induced gene silencing reveals control of reactive oxygen species accumulation and salt tolerance in tomato by γ-aminobutyric acid metabolic pathway. Plant Science, 234, 103–112.

Farahani, E., Emami, H., Fotovat, A., Khorassani, R., & Keller, T. (2020). Soil available water and plant growth in relation to K:Na ratio. Geoderma, 363, 114173. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114173

Fernández-García, N., Martínez, V., Cerdá, A., & Carvajal, M. (2002). Water and nutrient uptake of grafted tomato plants grown under saline conditions. Journal of Plant Physiology, 159, 899–905. https://doi.org/10.1078/0176-1617-00652

Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist, 179(4), 945–963.

Foolad, M. R., Chen, F. Q., & Lin, G. Y. (1998). RFLP mapping of QTLs conferring salt tolerance during germination in an interspecific cross of tomato. Theoretical and Applied Genetics, 97, 1133–1144.

Foster, K. J., & Miklavcic, S. J. (2017). A comprehensive biophysical model of ion and water transport in plant roots. I. Clarifying the roles of endodermal barriers in the salt stress response. Frontiers in Plant Science, 8, 1326.

Haider, M. Z., Ashraf, M. A., Rasheed, R., Hussain, I., Riaz, M., Qureshi, F. F., & Hafeez, A. (2023). Impact of salinity stress on medicinal plants. In Medicinal Plants: Their Response to Abiotic Stress (pp. 199–239). Singapore: Springer.

Hussain, Q., Asim, M., Zhang, R., Khan, R., Farooq, S., & Wu, J. (2021). Transcription factors interact with ABA through gene expression and signaling pathways to mitigate drought and salinity stress. Biomolecules, 11, 1159.

Ikram, M., Minhas, A., Al-Huqail, A. A., Ghoneim, A. M., Mahmood, S., Mahmoud, E., Tahira, M., Mehran, M., Maqsood, M. F. K., & Rauf, A. (2024). Promoting tomato resilience: Effects of ascorbic acid and sulfur-treated biochar in saline and non-saline cultivation environments. BMC Plant Biology, 24, 1053.

Imran, M., Ghorat, F., Ul-Haq, I., Ur-Rehman, H., Aslam, F., Heydari, M., Shariati, M. A., Okuskhanova, E., Yessimbekov, Z., Thiruvengadam, M., et al. (2020). Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. Antioxidants, 9, 706.

Jia, X., Zhang, J., Liu, L., Zhang, X., & Zhang, J. (2022). Transcriptome analysis showed that tomato-rootstock enhanced salt tolerance by inhibiting Na+ accumulation in leaves. Frontiers in Plant Science, 13, 1027260.

Khan, M. N., Mukherjee, S., Al-Huqail, A. A., Basahi, R. A., Ali, H. M., Al-Munqedhi, B. M. A., Siddiqui, M. H., & Kalaji, H. M. (2021). Exogenous potassium (K+) positively regulates Na+/H+ antiport system, carbohydrate metabolism, and ascorbate–glutathione cycle in H2S-dependent manner in NaCl-stressed tomato seedling roots. Plants, 10, 948.

Kumar, K., Debnath, P., Singh, S., & Kumar, N. (2023). An overview of plant phenolics and their involvement in abiotic stress tolerance. Stresses, 3, 570–585.

Li, F., Wu, Q.-Y., Duan, M., Dong, X.-C., Li, B., & Meng, Q.-W. (2012). Transgenic tomato plants overexpressing chloroplastic monodehydroascorbate reductase are resistant to salt- and PEG-induced osmotic stress. Photosynthetica, 50(1), 120–128.

Li, Y., Chu, Z., Luo, J., Zhou, Y., Cai, Y., Lu, Y., Xia, J., Kuang, H., Ye, Z., & Ouyang, B. (2018). The C2H2 zinc-finger protein SlZF3 regulates AsA synthesis and salt tolerance by interacting with CSN5B. Plant Biotechnology Journal, 16(6), 1201–1213.

Li, Y., Ma, J., Gao, X., Tie, J., Wu, Y., Tang, Z., Hu, L., & Yu, J. (2022). Exogenous brassinosteroids alleviate calcium deficiency-induced tip-burn by maintaining cell wall structural stability and higher photosynthesis in mini Chinese cabbage. Frontiers in Plant Science, 13, 999051

Lovelli, S., Scopa, A., Perniola, M., Di Tommaso, T., & Sofo, A. (2012). Abscisic acid root and leaf concentration in relation to biomass partitioning in salinized tomato plants. Journal of Plant Physiology, 169, 226–233.

Magotra, S., Negi, N. P., & Kumar, H. (2024). Co-shaping and co-evolution of microbial biodiversity: Study for identification of potential plant growth promoting microbes. In S. Kaur, V. Dwibedi, & P. K. Sahu (Eds.), Metabolomics, Proteomics and Gene Editing Approaches in Biofertilizer Industry (pp. 261–281). Singapore: Springer.

Maryum, Z., Luqman, T., Nadeem, S., Khan, S. M. U. D., Wang, B., Ditta, A., & Khan, M. K. R. (2022). An overview of salinity stress, mechanism of salinity tolerance and strategies for its management in cotton. Frontiers in Plant Science, 13, 907937.

Masmoudi, F., Tounsi, S., Dunlap, C. A., & Trigui, M. (2021). Endophytic halotolerant Bacillus velezensis FMH2 alleviates salt stress on tomato plants by improving plant growth and altering physiological and antioxidant responses. Plant Physiology and Biochemistry, 165, 217–227.

Metwally, R. A., & Soliman, S. A. (2023). Alleviation of the adverse effects of NaCl stress on tomato seedlings (Solanum lycopersicum L.) by Trichoderma viride through the antioxidative defense system. Botanical Studies, 64, 4.

Moles, T. M., Guglielminetti, L., & Huarancca Reyes, T. (2019). Differential effects of sodium chloride on germination and post-germination stages of two tomato genotypes. Scientia Horticulturae. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108730

Hanin, N., Ben Sliman, W., Jebara, M. M., Gharbi, M. M., Abdelly, M. M., & Gharbi, M. M. M. (2022). QTL and candidate genes: Techniques and advancement in abiotic stress tolerance in tomato. Frontiers in Plant Science, 13, 949541.

Parvin, K., Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Nahar, K., Mohsin, S. M., & Fujita, M. (2019). Comparative physiological and biochemical changes in tomato (Solanum lycopersicum L.) under salt stress and recovery: Role of antioxidant defense and glyoxalase systems. Antioxidants, 8(9), 350. https://doi.org/10.3390/antiox8090350

Pašalić, B., Todorović, V., Koleška, I., Bosančić, B., & Đekić, N. (2017). Effects of salinity on color changes, sugar and acid concentration in tomato fruit. Agriculturae Conspectus Scientificus, 81, 137–142.

Patanè, C., Cavallaro, V., & Cosentino, S. L. (2009). Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. Industrial Crops and Products, 30, 1–8. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2008.12.005

Rashid, U., Yasmin, H., Hassan, M. N., Naz, R., Nosheen, A., Sajjad, M., Ilyas, N., Keyani, R., & Jabeen, Z. (2021). Drought-tolerant Bacillus megaterium isolated from semi-arid conditions induces systemic tolerance of wheat under drought conditions. Plant Cell Reports.

Roșca, M., Mihalache, G., & Stoleru, V. (2023). Tomato responses to salinity stress: From morphological traits to genetic changes. Frontiers in Plant Science, 14, 1118383.

Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa, H., & Ikeda, H. (2006). Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). Scientia Horticulturae, 109(3), 248–253.

Qi, S., Lin, Q., Zhu, H., Gao, F., Zhang, W., & Hua, X. (2016). The RING finger E3 ligase SpRing is a positive regulator of salt stress signaling in wild tomato. Plant & Cell Physiology, 57(5), 1030–1042.

Shin, J., Song, M. H., Oh, J. W., Keum, Y. S., & Saini, R. K. (2020). Pro-oxidant actions of carotenoids in triggering apoptosis of cancer cells: A review of emerging evidence. Antioxidants, 9(6), 532. https://doi.org/10.3390/antiox9060532

Szabo, K., Catoi, A. F., & Vodnar, D. C. (2018). Bioactive compounds extracted from tomato processing by-products as a source of valuable nutrients. Plant Foods for Human Nutrition, 73, 268–277.

Tavakkoli, E., Rengasamy, P., & McDonald, G. K. (2010). High concentrations of Na+ and Cl– ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. Journal of Experimental Botany, 61, 4449–4459.

Teakle, N. L., & Tyerman, S. D. (2010). Mechanisms of Cl– transport contributing to salt tolerance. Plant, Cell & Environment, 33(4), 566–589. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02060.x

Ullah, A., Ali, I., Noor, J., Zeng, F., Bawazeer, S., Eldin, S. M., Asghar, M. A., Javed, H. H., Saleem, K., Ullah, S., & Ali, H. (2023). Exogenous γ-aminobutyric acid (GABA) mitigated salinity-induced impairments in mungbean plants by regulating their nitrogen metabolism and antioxidant potential. Frontiers in Plant Science, 13, 1081188.

Van Straten, G., de Vos, A. C., Rozema, J., Bruning, B., & van Bodegom, P. M. (2019). An improved methodology to evaluate crop salt tolerance from field trials. Agricultural Water Management, 213, 375–387.

Wu, H. (2018). Plant salt tolerance and Na+ sensing and transport. Crop Journal, 6, 215–225. https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.01.003

Yadav, S., Irfan, M., Ahmad, A., & Hayat, S. (2011). Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. Journal of Environmental Biology, 32, 667–685.

Yang, Q., Chen, Z. Z., Zhou, X. F., Yin, H. B., Li, X., Xin, X. F., Hong, X. H., Zhu, J. K., & Gong, Z. (2009). Overexpression of SOS (Salt Overly Sensitive) genes increases salt tolerance in transgenic Arabidopsis. Molecular Plant, 2, 22–31.

Yuan, F., Yang, H., Xue, Y., Kong, D., Ye, R., Li, C., Zhang, J., Theprungsirikul, L., Shrift, T., Krichilsky, B., Johnson, D. M., Swift, G. B., He, Y., Siedow, J. N., & Pei, Z.-M. (2014). OSCA1 mediates osmotic-stress-evoked Ca^{2+} increases vital for osmosensing in Arabidopsis. Nature, 514(7522), 367–371.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE PROBİYOTİK MİKROENKAPSÜLASYONU: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE TEKNOLOJİK UYGULAMALAR

Dr. Gülsüme BIÇAKCI
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0002-4901-9787

ÖZET

Probiyotiklerin insan sağlığı üzerindeki faydaları, bağırsak mikrobiyotasını düzenlemesi ve bağışıklık sistemini desteklemesiyle sınırlı değildir. Sindirim sağlığını iyileştirmekten metabolik fonksiyonları optimize etmeye kadar geniş bir yelpazede olumlu etkileri bulunmaktadır. Ancak bu canlı mikroorganizmaların, özellikle fermente et ürünleri gibi zorlu gıda matrislerinde canlılıklarını koruması büyük bir problem teşkil etmektedir. Üretim ve depolama süreçlerinde karşılaşılan yüksek sıcaklık, düşük pH, yüksek tuz konsantrasyonu ve oksijenin varlığı, probiyotik hücrelerinin yaşama yeteneklerini ciddi şekilde azaltmaktadır. Bu durum, gıda endüstrisinin, probiyotiklerin sağlık faydalarını ürünlere başarılı bir şekilde entegre etme çabalarını sekteye uğratmaktadır.

Bu zorluğun üstesinden gelmek için geliştirilen mikroenkapsülasyon teknolojisi, probiyotiklerin bu olumsuz koşullara karşı korunmasında devrim niteliğinde bir çözüm sunmaktadır. Bu teknik, probiyotik hücrelerini koruyucu bir bariyer içine alarak onları çevresel stres faktörlerinden fiziksel olarak izole etmekte ve canlılıklarını sürdürmelerini sağlamaktadır. Gelişmiş mikroenkapsülasyon yöntemleri arasında, özellikle elektrostatik ekstrüzyon (titreşim/damlatma) tekniği, sunduğu avantajlarla öne çıkmaktadır. Bu yöntem, düşük sıcaklıklarda çalışarak probiyotiklerin termal strese maruz kalmasını en aza indirmektedir. Ayrıca, mikroboncuk boyutunun hassas bir şekilde kontrol edilebilmesi, partiküllerin gıda ürünü içindeki dağılımını optimize edtmekte ve duyusal kaliteleri olumsuz etkileme riskini azaltmaktadır. Bu tekniğin kullanımı, probiyotik canlılığını %80 ile %95 gibi yüksek oranlarda koruyarak fonksiyonel ürünlerin etkinliğini maksimize etmektedir.

Mikroenkapsülasyon tekniğiyle probiyotiklere ek olarak et ürünlerinin kalitesini ve fonksiyonel özelliklerini artırmak amacıyla postbiyotiklerin, prebiyotiklerin ve biyoaktif bileşiklerin eklenmesiyle yapılan araştırmalar, sadece mikroorganizmaların hücre canlılığının artırılmasıyla kalmayıp, aynı zamanda ürünün duyusal özelliklerinin de korunabildiğini göstermektedir. Renk, doku, aroma ve lezzet gibi tüketici tercihlerini doğrudan etkileyen faktörlerde herhangi bir olumsuz değişim gözlenmemesi, bu teknolojinin ticari uygulamalar için uygun olduğunu kanıtlamaktadır. Dahası, kapsüllerin su aktivitesini düzenleme yeteneği, ürünün mikrobiyolojik stabilitesini sağlamakta ve dolayısıyla raf ömrünü uzatmaktadır. Bu bulgular, mikroenkapsülasyonun fonksiyonel fermente et ürünleri pazarı için sadece bir çözüm değil, aynı zamanda yeni ve inovatif ürünler geliştirme potansiyeli taşıyan stratejik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Probiyotik, Biyoaktif bileşikler, Mikroenkapsülasyon, Elektrostatik Ekstrüzyon, Et Teknolojisi.

ADVANCES IN PROBIOTIC MICROENCAPSULATION FOR FERMENTED MEAT PRODUCTS: INNOVATIVE APPROACHES AND APPLICATIONS

ABSTRACT

The health benefits of probiotics are not limited to regulating gut microbiota and supporting the immune system. They extend across a wide spectrum, ranging from improving digestive health to optimizing metabolic functions.

However, maintaining the viability of these live microorganisms, particularly in challenging food matrices such as fermented meat products, remains a major issue. High temperatures, low pH, elevated salt concentrations, and the presence of oxygen encountered during production and storage processes significantly reduce the survival capacity of probiotic cells. This challenge hinders the food industry's efforts to successfully incorporate the health benefits of probiotics into products.

To overcome this limitation, microencapsulation technology has emerged as a groundbreaking solution, providing protection to probiotics against such adverse conditions. This technique physically isolates probiotic cells within a protective barrier, shielding them from environmental stress factors and ensuring their survival. Among advanced microencapsulation methods, the electrostatic extrusion (vibrational/dripping) technique stands out due to its remarkable advantages. Operating at low temperatures minimizes exposure of probiotics to thermal stress. In addition, the precise control of microbead size optimizes their distribution within the food matrix and reduces the risk of negatively affecting sensory properties. This method has been shown to preserve probiotic viability at high levels, ranging from 80% to 95%, thereby maximizing the efficacy of functional products.

Beyond probiotics, studies incorporating postbiotics, prebiotics, and bioactive compounds into meat products through microencapsulation have demonstrated that the technology not only enhances microbial cell survival but also preserves the sensory attributes of the product. The absence of adverse changes in critical consumer preference factors such as color, texture, aroma, and flavor supports its suitability for commercial applications. Moreover, the ability of capsules to regulate water activity contributes to improved microbiological stability and, consequently, extended shelf life. Collectively, these findings highlight that microencapsulation is not merely a solution for functional fermented meat products but also a strategic tool with the potential to drive the development of novel and innovative products.

Keywords: Probiotics, Bioactive Compounds, Microencapsulation, Electrostatic Extrusion, Meat Technology.

GİRİŞ

Probiyotikler, yeterli miktarda tüketildiğinde insan sağlığına faydalı olduğu bilimsel olarak kanıtlanmış canlı mikroorganizmalardır. Bu dost mikroorganizmalar, sindirim sistemi şikayetlerinin (gaz, şişkinlik, kabızlık ve ishal gibi) hafifletilmesine ve bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesine yardımcı olmaktadır (Frakolaki vd., 2021). Geniş kapsamlı faydaları arasında bağışıklık sistemini güçlendirme, alerji ve egzama şiddetini azaltma, zihinsel sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlama ve kolesterol seviyelerini düzenleme gibi kritik fonksiyonlar yer almaktadır (Burgain vd., 2011). Gıda endüstrisinde, probiyotikler geleneksel olarak yoğurt ve kefir gibi fermente süt ürünleri aracılığıyla tüketicilere sunulmaktadır. Ancak, probiyotiklerin gıdaların ömrünü uzatıcı ve koruyucu özelliklerinin keşfedilmesiyle ve "belirli yararlı fizyolojik etkiyle tüketicinin sağlığına katkıda bulunan gıdalar" olarak tanımlanan "fonksiyonel gıdalar"a yönelik büyük bir eğilimin artmasıyla et ürünleri gibi diğer gıda matrislerinde de kullanım potansiyelleri artmaktadır (Khanderao vd., 2025).

Fermente et ürünleri (örneğin sucuk ve salam), probiyotik mikroorganizmaların canlılığını sürdürmesi için yüksek tuz ve nitrit içeriği, düşük su aktivitesi (a_w) ve asidik pH gibi çevresel stres faktörleri son derece zorlu bir çevresel matris sunmaktadır (de Oliveira Gomes vd., 2021). Bir probiyotik suşun bu zorlu ortama adaptasyon yeteneği, doğrudan ürünün raf ömrü boyunca canlılığını koruma becerisini etkilemektedir (Kazemi vd., 2025).

Probiyotiklerin fermente ürüne ilave edildiğindeki fizyolojik durumu, depolama koşulları (sıcaklık, nem) ve ürünün kimyasal kompozisyonu (pH, su aktivitesi, karbon, azot ve oksijen içeriği) gibi faktörler, bakterinin etki sağlama potansiyelini doğrudan etkilemektedir (Lalarukh vd., 2025; Li vd., 2025).

Geleneksel et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve patojen mikroorganizmaları engellemek amacıyla uygulanan tuzlama, kurutma ve fermentasyon gibi temel işlemler, starter kültür ve probiyotik mikroorganizmaların canlılığını azaltabilmektedir (de Oliveira Gomes vd., 2021). Bu nedenle, probiyotiklerin bu matrise doğrudan eklenmesi, hücre canlılığında ciddi kayıplara yol açmaktadır. Bu temel sorunun üstesinden gelmek için, probiyotikleri koruyucu bir bariyer içine almayı amaçlayan mikroenkapsülasyon teknolojisi, çözümüne yönelik kritik bir teknolojik yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (Frakolaki vd., 2021).

MİKROENKAPSÜLASYONUN TANIMI VE FONKSİYONEL GIDA SANAYİSİNDEKİ ÖNEMİ

Mikroenkapsülasyon, probiyotik mikroorganizmaların canlılığını korumak, vitaminler, aroma maddeleri gibi biyoaktif bileşenlerin, postbiyotiklerin ve prebiyotiklerin ürünlere ekleyerek fonksiyonel özelliklerini artırmak amacıyla polimerik materyallerle kaplanarak mikroskobik kapsüller haline getirilmesi işlemidir (Awad vd., 2025; Calderón-Oliver ve Ponce-Alquicira, 2022; Shanuke vd., 2025). Bu teknoloji, probiyotiklerin, postbiyotiklerin, prebiyotiklerin ve biyoaktif bileşiklerin gıdaların işlenmesi, depolanması ve tüketim sonrasında gastrointestinal sistemde maruz kaldıkları asit, tuz, oksijen, sıcaklık ve mekanik stres gibi olumsuz koşullara karşı bir fiziksel bariyer oluşturarak canlılıklarını sürdürmelerine yardımcı olmaktadır (Grujović vd., 2025; Khanderao vd., 2025). Mikroenkapsülasyon, yalnızca biyoaktif bileşenlerin postbiyotiklerin, prebiyotiklerin ve probiyotik mikroorganizmaların korunmasını sağlamakla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda bu bileşenlerin kontrollü salınımı mümkün kılmakta, istenmeyen tat ve aromaların maskelenmesine katkıda bulunmakta ve bileşenler arası doğrudan etkileşimi engelleyerek ürün stabilitesini artırmaktadır (Desai ve Park, 2005; Khanderao vd., 2025).

MİKROENKAPSÜLASYON YÖNTEMLERİ

Probiyotik mikroorganizmaların, postbiyotiklerin, prebiyotiklerin ve biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyonunda kullanılan birçok farklı teknik mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları arasında emülsifikasyon, püskürterek (sprey) kurutma, dondurarak kurutma (liyofilizasyon), koaservasyon, ekstrüzyon ve elektrostatik ekstrüzyon (titreşim/damlatma) yöntemleri yer almaktadır.

Emülsifikasyon

Emülsifikasyon tekniği, yağ fazı içerisinde aktif bileşenlerin kapsüllenmesine dayanmaktadır. Bu yöntem, özellikle lipofilik bileşiklerin korunmasında etkili olmaktadır (Shanuke vd., 2025). Et ürünlerinde antioksidan özellik gösteren yağ asitlerinin enkapsülasyonu ile oksidatif stabilitenin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Heck vd., 2020).

Püskürterek (Sprey) Kurutma

Sprey kurutma, gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan mikroenkapsülasyon yöntemlerinden biridir. Sıvı emülsiyonun sıcak hava ile hızla kurutulması esasına dayanan bu yöntem, düşük maliyeti ve ölçeklenebilirliği nedeniyle tercih edilmektedir (Shanuke vd., 2025). Et ürünlerinde özellikle yağların ve probiyotiklerin korunması için kullanılmakta ve ürünün raf ömrünü uzatmaktadır (Su vd., 2023).

Sürekli çalışabilme ve yüksek üretim kapasitesi gibi avantajları mevcut olmasına karşın, uygulanan yüksek sıcaklıklar probiyotik hücre canlılığının azalmasına yol açabilmektedir. Ayrıca, elde edilen mikropartiküllerin gözenekli yapısı, hücrelerin dış çevresel faktörlere karşı korunmasında yetersiz kalabilmektedir (Calderón-Oliver ve Ponce-Alquicira, 2022).

Koaservasyon

Koaservasyon, mikroenkapsülasyon yöntemleri arasında faz ayrışması prensibine dayanan bir tekniktir. Bu yöntemde, polimerik kapsül materyalleri (örneğin jelatin, akasya gamı, kazein, pektin gibi) çözelti ortamında çözücü ile olan etkileşimlerini kaybederek ayrışmakta ve aktif bileşenlerin etrafında yoğunlaşarak kapsül duvarını oluşturmaktadır (Lalarukh vd., 2025). Bu teknik, hassas bileşenlerin etkin korunmasını sağlamakta, özellikle antimikrobiyal peptidlerin et ürünlerinde kullanılmasına olanak tanımaktadır (Desai ve Park, 2005). Bu yöntem, özellikle ısıya ve oksidasyona duyarlı bileşenlerin korunmasında etkili olmaktadır. Kompleks koaservasyon, aroma bileşikleri, vitaminler, enzimler ve antimikrobiyal ajanların kontrollü salımı için gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Calderón-Oliver vd., 2025; Desai ve Park, 2005).

Dondurarak (Liyofilizasyon) Kurutma

Liyofilizasyon, mikroenkapsülasyon teknikleri arasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olup, özellikle ısıya duyarlı probiyotikler ve biyoaktif bileşenlerin korunmasında etkili olmaktadır. Bu yöntemde, suyun doğrudan buhar fazına geçişi (süblimasyon) sağlanarak düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi gerçekleştirilmekte ve böylece biyolojik aktivitenin kaybı en aza indirilmektedir (Jan vd., 2025). Liyofilizasyon ile elde edilen kapsüller, yüksek stabiliteye sahip olmakta ve uzun raf ömrü sunmaktadır. Et ürünlerinde probiyotiklerin ve fonksiyonel bileşenlerin canlılığını korumak amacıyla liyofilizasyon yöntemi yaygın şekilde tercih edilmekte, böylece ürünlerin fonksiyonel özellikleri artırılmaktadır (Heck vd., 2020). Yöntemin, düşük sıcaklıklarda çalıştığı için aroma kaybının minimum olması ve ürünlerin iyi rekonstitüsyon (yeniden çözünme) özellikleri göstermesi gibi önemli avantajları olmasına karşın, yüksek maliyetli ve zaman alıcı bir yöntem olması, hücreden suyun uzaklaşması nedeniyle canlılık kayıpları yaşanabilmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Burgain vd., 2011).

Ekstrüzyon

Ekstrüzyon yöntemi, probiyotiklerin ve aktif bileşenlerin bir polimer çözeltisi içerisine dahil edilip damla formunda jel banyosuna bırakılması ile kapsül oluşturulmasına dayanmaktadır. Probiyotik bakterilerin bu yöntemle kapsüllenmesi, fermente et ürünlerinde canlılıklarının korunmasına ve fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Frakolaki vd., 2021). Düşük sıcaklıklarda uygulanan, basit, ucuz ve verimli bir teknik olmasına karşın, damlacık oluşumunun yavaş olması nedeniyle büyük ölçekli üretimlerde kullanımı zor olmakta ve genellikle büyük boncuk boyutları elde edilmesi dezavantajlarındandır (De Prisco ve Mauriello, 2016).

Elektrostatik Ekstrüzyon (Titreşim/Damlatma) Yöntemi

Elektrostatik ekstrüzyon, klasik ekstrüzyon yönteminin geliştirilmiş bir modifikasyonu olup özellikle yüksek hassasiyetli mikroenkapsülasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu teknikte, aktif bileşenleri içeren polimer çözeltisi (örneğin aljinat), elektrostatik alan yardımıyla veya titreşim/damlatma mekanizması ile jel oluşturucu bir çözeltiye (genellikle kalsiyum klorür) damlatılmaktadır (Burgain vd., 2011; De Prisco ve Mauriello, 2016). Damlatma esnasında uygulanan elektrostatik alan veya mekanik titreşim, damlacıkların

boyutunu ve dağılımını kontrol altında tutmakta, böylece homojen çapta ve daha stabil mikrokapsüllerin elde edilmesini sağlamaktadır (Frakolaki vd., 2021).

Bu yöntem, özellikle probiyotik bakterilerin canlılığını korumada ve fermente et ürünleri dahil gıdaya uygulanmasında avantaj sağlamaktadır. Elektrostatik alanın etkisiyle oluşan küçük çaplı kapsüller (mikroboncuklar), probiyotiklerin gıda matrisinde daha homojen dağılmasını sağlamakta ve tüketim sırasında duyusal özellikleri olumsuz etkilememektedir. Düşük sıcaklıklarda uygulanabilmesi, probiyotiklerin termal strese maruz kalmadan enkapsüle edilmesini sağlayarak hücre canlılığını maksimize etme potansiyeli sunmaktadır. Bu özellikler, onu özellikle hassas biyoaktif bileşenlerin korunması için ideal bir alternatif haline getirmektedir (Burgain vd., 2011; Gómez vd., 2018).

Mikroenkapsülasyon tekniklerinin avantaj, dezavantaj ve ölçeklenebilirlik açısından karşılaştırılması **Tablo 1**'de verilmiştir. Tabloda özetlenen bu tekniklerin etkinliği, kullanılan kaplama maddesinin seçimiyle doğrudan ilişkili olup kaplama materyalleri, aktif bileşenlerin stabilitesini artırmak, kontrollü salım sağlamak, duyusal özellikleri olumsuz etkilememek ve istenmeyen etkileşimleri engellemek için kritik rol oynamaktadır (Lalarukh vd., 2025). Sprey kurutma yönteminde maltodekstrin ve akasya gamı, aroma ve fenolik bileşenlerin korunmasında yaygın olarak tercih edilirken, modifiye nişasta da hem probiyotiklerin hem de aroma ve fenolik bileşenlerin stabilizasyonu için kullanılmaktadır (Jan vd., 2025). Jel oluşturabilme yeteneği nedeniyle aljinat ve karragenan, özellikle probiyotik ve bazı vitaminlerin damlacık jel veya jelasyon temelli tekniklerle mikroenkapsülasyonunda etkili olmaktadır Ayrıca, jelatin hem probiyotik hem de yağ bazlı bileşenlerin emülsifikasyon veya sprey kurutma yoluyla korunmasında tercih edilmekte, biyolojik aktivitenin korunmasına katkı sağlamaktadır (Frakolaki vd., 2021; Gómez vd., 2018; Su vd., 2023). Bu nedenle, kaplama maddesi seçimi hem mikroenkapsülasyon tekniğine hem de kapsüllenecek aktif bileşenin kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre belirlenmektedir. Örneğin; probiyotikler genellikle jel oluşturan polisakkaritlerle (kitosan), fenolik ve aroma bileşenleri ise maltodekstrin, akasya gamı ve gellan zamkı gibi polimerler kullanılarak sprey kurutma ile daha etkin şekilde korunmaktadır (Awad vd., 2025; Cao vd., 2025; Grujović vd., 2025).

Tablo 1. Mikroenkapsülasyon Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi

Yöntem	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları	Ölçeklenebilirlik
Emülsifikasyon	Yağ fazı içerisinde aktif bileşenlerin kapsüllenmesi	Lipofilik bileşenlerin korunması, oksidatif stabilitenin artırılması (özellikle et ürünlerinde)	Karmaşık hazırlık, homojen dağılım sağlamak zor	Laboratuvar/ Pilot Ölçeği
Püskürterek (Sprey) Kurutma	Sıvı emülsiyonun sıcak hava ile kurutulması	Ekonomik, sürekli çalışabilir, endüstriyel ölçek için uygun	Yüksek sıcaklık probiyotik canlılığını azaltabilir, gözenekli partikül yapısı	Endüstriyel Ölçek
Koaservasyon	Polimerlerin faz ayrışması ile kapsül duvarının oluşması	Isıya ve oksidasyona duyarlı bileşenlerin korunması, kontrollü salım	Karmaşık işlem, yüksek maliyetli	Laboratuvar/ Pilot Ölçeği
Dondurarak (Liyofilizasyon) Kurutma	Suyun süblimasyonu ile düşük sıcaklıklarda kurutma	Yüksek stabilite, uzun raf ömrü, aroma kaybı minimum, iyi rekonstitüsyon	Yüksek maliyet, zaman alıcı, hücre canlılığında su kaybı nedeniyle düşüş	Laboratuvar/ Pilot Ölçeği
Ekstrüzyon	Yüksek basınçla polimer çözeltinin küçük bir açıklıktan geçirilmesi.	Basit, ucuz, verimli, zararlı çözücüler içermez	Düşük üretim hızı, büyük boncuk boyutu, zor ölçeklendirme	Laboratuvar/ Pilot Ölçeği
Elektrostatik Ekstrüzyon	Elektrik alanın uyguladığı kuvvetle damlacık oluşumu ve kontrollü kopuş.	Düşük sıcaklık, hassas boncuk boyutu kontrolü, homojen dağılım, probiyotik canlılığını maksimize eder	Yüksek yatırım maliyeti, henüz sanayileşmemiş, düşük üretim hızı	Laboratuvar Ölçeği

ET TEKNOLOJİSİNDE MİKROENKAPSÜLASYON UYGULAMALARI VE SONUÇLARI

Et ürünleri, yüksek besin değerlerinin yanı sıra fonksiyonel bileşenlerin taşınması için uygun bir gıda matrisi oluşturmaktadır. Son yıllarda tüketici talebinin sağlıklı ve fonksiyonel gıdalara yönelmesi, probiyotikler, prebiyotikler, postbiyotikler ve çeşitli biyoaktif bileşiklerin et ürünlerinde kullanımını gündeme getirmektedir (Jan vd., 2025; Li vd., 2025; Su vd., 2023). Ancak bu bileşenlerin doğrudan et ürünlerine ilavesi sırasında karşılaşılan ısıl işlem, oksidasyon, düşük pH, tuz ve nitrit gibi olumsuz faktörler, işlevselliklerinin büyük ölçüde kaybolmasına yol açmaktadır. Bu nedenle mikroenkapsülasyon teknolojileri, bu bileşenlerin hem işleme sürecinde hem de depolama koşullarında korunmasına olanak sağlamaktadır (Asres vd., 2025; Bernardo vd., 2025; de Oliveira Gomes vd., 2021).

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında konak sağlığı üzerinde yararlı etkiler oluşturan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Et ürünlerinde özellikle *Lactiplantibacillus plantarum, Lacticaseibacillus casei* ve *Bifidobacterium bifidum* gibi türlerin kullanıldığı bildirilmektedir (Grujović vd., 2025; Muthukumarasamy ve Holley, 2007; Shanuke vd., 2025). Ancak bu bakteriler, yüksek sıcaklık ve oksidatif koşullara karşı son derece hassas olduklarından üretim ve depolama süresince canlılıklarını kaybedebilmektedir. Mikroenkapsülasyon, bu bakterilerin polimerik veya lipid bazlı kapsüller içerisinde korunmasına imkân tanımakta ve gastrointestinal sisteme ulaşana kadar canlı kalmalarını sağlamaktadır. Böylece fonksiyonel et ürünlerinde probiyotiklerin sağlık açısından beklenen etkileri sürdürülebilmektedir (Frakolaki vd., 2021).

Prebiyotikler, sindirilemeyen karbonhidrat fraksiyonları olup bağırsakta probiyotiklerin gelişimini desteklemektedir. Et ürünlerinde en çok kullanılan prebiyotikler arasında inülin, fruktooligosakkarit (FOS) ve galaktooligosakkarit (GOS) bulunmaktadır (De Prisco ve Mauriello, 2016; Grujović vd., 2025; Nyffenegger, 2018). Bu bileşikler, ürünlere doğrudan eklendiğinde nem tutma veya tekstürel değişim gibi istenmeyen etkiler gösterebilmekte ve depolama sırasında enzimatik bozulmaya uğrayabilmektedir. Mikroenkapsülasyon teknikleri sayesinde prebiyotikler kontrollü salınmakta, böylelikle hem ürün kalitesinin korunması hem de probiyotiklerin bağırsakta daha etkin şekilde çoğalması sağlanmaktadır (Awad vd., 2025; de Oliveira Gomes vd., 2021; Shanuke vd., 2025).

Postbiyotikler, probiyotik mikroorganizmaların metabolitleri olarak tanımlanmakta ve antimikrobiyal peptitler, kısa zincirli yağ asitleri ve enzimatik ürünler gibi bileşenleri içermektedir. Et teknolojisinde özellikle *Lactobacillus* kaynaklı bakteriyosinler, laktik asit ve asetat gibi metabolitler ön plana çıkmaktadır (Jalali vd., 2024; Sheikhi vd., 2025). Ancak bu bileşikler yüksek sıcaklık ve oksidatif koşullarda kararlılıklarını hızla kaybetmektedir. Mikroenkapsülasyon, postbiyotiklerin korunaklı bir yapıda tutulmasına yardımcı olmakta ve depolama süresince antimikrobiyal etkilerinin devam etmesini sağlamaktadır. Böylelikle et ürünlerinde hem raf ömrü uzatılmakta hem de mikrobiyal güvenlik iyileştirilmektedir (Awad vd., 2025; Kaynakci, 2025).

Biyoaktif bileşikler de et ürünlerinde kaliteyi ve fonksiyonelliği artırmak için sıkça kullanılmaktadır. Özellikle omega-3 yağ asitleri, fenolik bileşikler, vitaminler ve doğal antioksidanlar bu kapsamda öne çıkmaktadır (Gómez vd., 2018; Heck vd., 2020; Rengganis Nusantara vd., 2025). Ancak bu bileşikler oksidasyona, ışığa ve ısıya karşı son derece hassas olduklarından doğrudan ilave edildiklerinde etkilerini yitirebilmektedir. Mikroenkapsülasyon, biyoaktif bileşiklerin oksidatif ve kimyasal bozulmalardan korunmasını sağlamakta, kontrollü salınım ile raf ömrü boyunca etkilerini sürdürmelerine olanak vermektedir. Böylece et ürünlerinin besinsel değeri korunmakta ve tüketiciye daha yüksek fonksiyonel fayda sunulmaktadır (Asres vd., 2025; Rengganis Nusantara vd., 2025; Su vd., 2023).

Genel olarak değerlendirildiğinde, mikroenkapsülasyon et teknolojisinde hem sağlık açısından önemli fonksiyonel bileşenlerin korunmasına hem de ürünlerin duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin iyileştirilmesine hizmet etmektedir. Bu teknoloji sayesinde probiyotiklerin canlı kalma oranları artırılmakta, prebiyotiklerin etkinliği desteklenmekte, postbiyotiklerin antimikrobiyal etkileri korunmakta ve biyoaktif bileşiklerin fonksiyonel özellikleri sürdürülebilmektedir. Dolayısıyla mikroenkapsülasyon, fonksiyonel et ürünlerinin geliştirilmesinde geleceğe yönelik en önemli teknolojik yaklaşımlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Et Ürünlerinde Mikroenkapsülasyon Uygulamalarına Yönelik Seçilmiş Çalışmalar

Et Ürünü	Kapsüllenmiş Bileşik	Kaplama Materyali	Mikroenkapsülasyon Tekniği	Elde Edilen Etki/ Sonuç	Referans
Et Ürünleri	Çay polifenolleri (EGCG)	Modifiye gluten	Emülsifikasyon	Et ürünlerinde fonksiyonel özelliklerin artırılması ve stabilitenin iyileştirilmesi	(Chen vd., 2025)
Harbin kırmızı sosis	*Bifidobacterium bifidum* ve kuersetin	Sodyum aljinat	Emülsiyon koenkapsülasyonu	Raf ömrünün uzatılması, kalite ve mikrobiyal güvenliğin korunması	(Cao vd., 2025)
Hindi göğüs eti	Postbiyotikler (*Bifidobacterium bifidum*)	Sodyum aljinat	Yenilenebilir kaplama	Antioksidan aktivitenin artması, ürünün kalite ve stabilitesinin korunması	(Kaynakci, 2025)
Sentul tavuk eti	Noni meyve (*Morinda citrifolia* L.) ekstresi	Maltodekstrin	Sprey kurutma	Et kalitesi, besin değeri ve bağırsak sağlığında iyileşme, AGP alternatif etkisi	(Rengganis Nusantara vd., 2025)
Kıyma	Kekik (*Thymus schimperi*) esansiyel yağı	Akasya gamı	Sprey kurutma, dondurarak kurutma	Antibakteriyel ve antioksidan aktivitenin artırılması	(Asres vd., 2025)
İtalyan tipi salam	Starter kültür (*S. xylosus, S.carnosus* ve *L. sakei)*	Süt tozu, maltodekstrin, trehaloz, FOS	Sprey kurutma	Ürünün kalitesinin depolama sırasında iyileştirilmesi	(Cence vd., 2025)
Kıyma	Nisin ve avokado kabuğu ekstresi	Kolajen ve pektin	Koaservasyon	Etin dokusu, su kaybı, sertlik ve kohezivite gibi duyusal özelliklerde iyileşme	(Calderón-Oliver vd., 2025)
Sosis	Postbiyotik (*Lactobacillus bulgaricus*)	Kitosan	Yenilebilir kaplama	Ürün güvenliği ve raf ömrü artış sağlanması	(Sheikhi vd., 2025)
Kırmızı et yüzeyi	Postbiyotikler (*Lacticaseibacillus rhamnosus* ve *Limosilactobacillus reuteri*)	Doğrudan uygulama	Doğrudan uygulama	Fenolik içerik, güçlü antioksidan aktivite ve organik asit üretimi, et yüzeyinde doğal antimikrobiyal etki	(Jalali vd., 2024)
İtalyan tipi salam	Probiyotik *Bifidobacterium animalis ssp. lactis* BB-12	Aljinat, β-siklodekstrin ve ksantan gam	Sprey kurutma	Ürünün probiyotik canlılık ve fonksiyonelliğinin artırılması	(de Oliveira Gomes vd., 2021)

Burger eti	Propolis yan ürünü ekstresi	Modifiye nişasta	Sprey kurutma	-15°C'de depolama sırasında etin raf ömrünün uzaması	(Reis vd., 2017)
Et ürünleri	n-3 PUFA'lar	Sodyum aljinat, polisorbat ve $CaCl_2$	Sprey kurutma, dondurarak kurutma	Et ürünlerinin lipid profilinin iyileştirilmesi	(Heck vd., 2020)
Mortadella sosis	Jabuticaba meyve (*Myrciaria cauliflora*) ekstresi	Maltodekstrin	Sprey kurutma	Ürünün kalitesinin ve depolama stabilitesinin artırılması	(Baldin vd., 2018)
Sucuk	Probiyotik *L. rhamnosus*	Sodyum aljinat, gellan gamı, jelatin, peptit ve FOS	Ekstrüzyon	Biyojen amin oluşumunun azalması	(Ünal Turhan vd., 2019)
Tayland domuz sosisi (Naem)	Probiyotikler (*L. acidophilus* ve *L. casei*) ve prebiyotikler (inülin)	Aljinat ve kitosan	Ekstrüzyon	Ürünün probiyotik ve prebiyotik içeriğinin artırılması	(Nyffenegger, 2018)
Isıl işlem görmüş sucuk	Starter kültür *(L. plantarum* ve *S. xylosus*)	Aljinat ve nişasta	Emülsifikasyon	Fermantasyon ve ısıl işlem sırasında zorlu koşullarda mikroenkapsüle starter kültürün canlılığını koruması	(Bilenler vd., 2017)
Köfte	Termotolerant laktik asit bakterileri	Akasya gamı	Sprey kurutma	Pişmiş köftelerin özelliklerinin iyileştirilmesi	(Pérez-Chabela vd., 2013)
Fermente Sosis	*Lactobacillus reuteri, Bifidobacterium longum*	Sodyum aljinat	Ekstrüzyon	Canlılık ve duyusal kalitenin korunduğu gözlemlenmiştir.	(Muthukumarasamy ve Holley, 2007)

SONUÇ

Sonuç olarak, fonksiyonel gıda geliştirme çalışmaları, probiyotiklerin yanı sıra postbiyotiklerin, prebiyotiklerin, vitaminler, antioksidanlar, polifenoller ve diğer biyoaktif bileşiklerin ürünlere etkin bir şekilde dahil edilmesini de hedeflemektedir. Ancak özellikle fermente et ürünleri gibi karmaşık matrislerde hem probiyotiklerin hem de diğer bileşiklerin üretim ve depolama sırasında çevresel stres faktörlerine (yüksek sıcaklık, düşük pH, oksijen, tuz konsantrasyonu) maruz kalması, bunların fonksiyonel etkinliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Mikroenkapsülasyon teknolojisi, bu zorlukları aşmada etkili bir yöntem olarak öne çıkmakta ve hem probiyotik hücrelerini hem de hassas biyoaktif bileşenleri koruyarak kontrollü salım ve stabilite sağlamaktadır. Özellikle elektrostatik ekstrüzyon ve koaservasyon gibi gelişmiş teknikler, mikroboncuk boyutunun hassas kontrolü ve düşük sıcaklıkta işlem yapılabilmesi sayesinde, ürünün duyusal ve mikrobiyolojik kalitesini olumsuz etkilemeden fonksiyonel etkinliği maksimize etmektedir. Bu nedenle mikroenkapsülasyon, fermente et ürünlerinde sadece probiyotiklerin korunması değil, aynı zamanda biyoaktif bileşiklerin stabilitesi ve terapötik potansiyelinin artırılması açısından da stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir. Fonksiyonel ve inovatif ürünlerin geliştirilmesi, bu teknolojinin endüstriyel uygulama potansiyelini ve gıda güvenliği ile besin değeri açısından önemini daha da pekiştirmektedir.

KAYNAKLAR

Asre, Y., Hymete, A., Admassu, H., Ayalew, A. 2025. "Application of microencapsulated essential oil extracted from Thymus schimperi for its antibacterial and antioxidant activity on minced meat". Discover Applied Sciences, 7(5).

Awad, N. M., Capozzi, V., Guillard, V., Goksen, G. 2025. "An innovative approach for probiotics and postbiotics-based antimicrobial packaging systems: design, characterization, and benefit for food application". Current Opinion in Food Science, 64, 101351.

Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., Michelin, E. C., Polizer, Y. J., Silva, P. M., Canan, T. M., … Trindade, M. A. 2018. "Effect of microencapsulated Jabuticaba (Myrciaria cauliflora) extract on quality and storage stability of mortadella sausage". Food Research International, 108, 551-557.

Bernardo, P., Fernandes, M. J., Fernandes, M. H., Teixeira, M. P., Alfaia, C. M., Serrano, C., … Fraqueza, M. J. 2025. "Salt reduction strategies for dry cured meat products: The use of KCl and microencapsulated spices and aromatic plant extracts". Meat Science, 221.

Bilenler, T., Karabulut, I., Candogan, K. 2017. "Effects of encapsulated starter cultures on microbial and physicochemical properties of traditionally produced and heat treated sausages (sucuks)". LWT, 75, 425-433.

Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., Scher, J. 2011. "Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications". Journal of Food Engineering, 104, 467-483.

Calderón-Oliver, M., Ponce-Alquicira, E. 2022. "The Role of Microencapsulation in Food Application". Molecules, 27(5), 1499.

Calderón-Oliver, M., Ponce-Alquicira, E., Escalona-Buendía, H. B. 2025. "Effects of Microencapsulated Natural Preservatives on Meat Texture and Consumer Perception". Journal of Texture Studies, 56(2).

Cao, Y., Yin, L., Li, F., Deng, Y., Kong, B., Liu, Q., … Wang, H. 2025. "Characterization of emulsion co-encapsulated with probiotics and quercetin and its effect on the storage quality of Harbin red sausage". Meat Science, 221.

Cence, K., Vendruscolo, M. J. D., da Silva, L. M., Colet, R., Junges, A., Steffens, C., … Valduga, E. 2025. "Impact of microencapsulated starter culture on the quality characteristics of Italian-type salami during storage". Journal of Food Measurement and Characterization, 19(3), 1913-1928.

Chen, Z., Li, H., Zhang, L., Ping, Y., Wang, Q., Fang, X., … Zhang, L. 2025. "Construction and microencapsulation of tea polyphenols W1/O/W2 double emulsion based on modified gluten (MEG)". International Journal of Biological Macromolecules, 290.

de Oliveira Gomes, B., de Mesquita Oliveira, C., de Marins, A. R., Gomes, R. G., Feihrmann, A. C. 2021. "Application of microencapsulated probiotic Bifidobacterium animalis ssp. lactis BB-12 in Italian salami". Journal of Food Processing and Preservation, 45(10).

De Prisco, A., Mauriello, G. 2016. "Probiotication of foods: A focus on microencapsulation tool". Trends in Food Science and Technology, 48, 27-39.

Desai, K. G. H., Park, H. J. 2005. "Recent developments in microencapsulation of food ingredients". Drying Technology, 23(7), 1361-1394.

Frakolaki, G., Giannou, V., Kekos, D., Tzia, C. 2021. "A review of the microencapsulation techniques for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods". Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(9), 1515-1536.

Gómez, B., Barba, F. J., Domínguez, R., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Pateiro, M., … Lorenzo, J. M. 2018. "Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing". Trends in Food Science & Technology, 82, 135-147.

Grujović, M. Ž., Semedo-Lemsaddek, T., Marković, K. G. 2025. "Application of Probiotics in Foods: A Comprehensive Review of Benefits, Challenges, and Future Perspectives". Foods, 14(17), 3088.

Heck, R. T., Lorenzo, J. M., Dos Santos, B. A., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Campagnol, P. C. B. 2020. "Microencapsulation of healthier oils: an efficient strategy to improve the lipid profile of meat products". Current Opinion in Food Science, 40, 6-12.

Jalali, S., Mojgani, N., Haghighat, S., Sanjabi, M. R., Sarem-Nezhad, S. 2024. "Investigation of antimicrobial and antioxidant properties of postbiotics produced by lactobacillus rhamnosus and limosilactobacillus reuteri and their potential application in surface decontamination of red meat". LWT, 209, 116758.

Jan, T., Negi, R., Hilal, A., Kaur, S., Kour, D., Khan, S. S., … Ahmed, N. 2025. "Microencapsulation Techniques for Probiotic Formulations: Current Scenario and Future Perspective". Journal of Food Quality, 2025(1), 1-29.

Kaynakci, E. C. 2025. "Evaluation of alginate-based coatings enriched with postbiotics from Bifidobacterium spp. on the quality and safety of Turkey meat". Scientific Reports, 15, 23634.

Kazemi, S., Homayouni-Rad, A., Samadi Kafil, H., Sarabi-aghdam, V., Zeynolabedini, P., pour Agha, B., Allah Madadi, S. 2025. "Selection of appropriate probiotic yeasts for use in dairy products: a narrative review". Food Production, Processing and Nutrition, 7(13), 1-28.

Khanderao, G. J., Hiwe, K. A., Karule, V. G., Kubde, J. A. 2025. "Microencapsulation: A Review". World Journal of Pharmaceutical Research, 14(8), 331-345.

Lalarukh, Hussain, S. M., Ali, S., Yilmaz, E., Zahoor, A. F., Javid, A., … Mahrukh. 2025. "Microencapsulation: An Innovative Technology in Modern Science". Polymers for Advanced Technologies, 36, e70066.

Li, C., Li, H., He, J., Wang, W. 2025. "Advances in the Application of Tea Polyphenols in Meat Products: from Functional Properties to Encapsulation-Based Stability Enhancement". Food and Bioprocess Technology, 18, 6869-6892.

Muthukumarasamy, P., Holley, R. A. 2007. "Survival of Escherichia coli O157:H7 in dry fermented sausages containing micro-encapsulated probiotic lactic acid bacteria". Food Microbiology, 24(1), 82-88.

Nyffenegger, R. B. 2018. "Microencapsulation of Probiotics and Prebiotics (Inulin) by using Extrusion Method and Its Application in Thai Traditional Pork Sausage (Naem)". Assumption University, Massachusetts.

Pérez-Chabela, M. L., Lara-Labastida, R., Rodriguez-Huezo, E., Totosaus, A. 2013. "Effect of Spray Drying Encapsulation of Thermotolerant Lactic Acid Bacteria on Meat Batters Properties". Food and Bioprocess Technology, 6(6), 1505-1515.

Reis, A. S. dos, Diedrich, C., Moura, C. de, Pereira, D., Almeida, J. de F., Silva, L. D. da, … Carpes, S. T. 2017. "Physico-chemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its effect on storage stability of burger meat during storage at −15 °C". LWT, 76, 306-313.

Rengganis Nusantara, S., Widjastuti, T., Heni Indrijani, dan. 2025. "The Effect of using Microencapsulation Product of Noni Fruit Extrakt (Morinda Citrifolia L.) in Diet to Characteristics of Sentul Chicken Meat". Jurnal Produksi Ternak Terapan, 6(2), 119-125.

Shanuke, D. S., Ranasinghage, N. B. D. P., Illippangama, A. U., Kulathunga, J., Bandara, M. D. 2025. "Co-Encapsulation of Probiotics and Prebiotics: Techniques and Applications in Food Fortification". Food Science and Nutrition, 13, e70426.

Sheikhi, S., Esfandiari, Z., Rostamabadi, H., Nouri, S. M. A., Sabahi, S., shirinasab, M. 2025. "Microbial safety and chemical characteristics of sausage coated by chitosan and postbiotics obtained from Lactobacillus bulgaricus during cold storage". Scientific Reports, 15, 358.

Su, L., Nian, Y., Li, C. 2023. "Microencapsulation to improve the stability of natural pigments and their applications for meat products". Food Materials Research, 3, 10.

Ünal Turhan, E., Erginkaya, Z., Benli, H., Akın, M. B., Ağçam, E. 2019. "The Effect of Microencapsulated L. rhamnosus and Storage on Biogenic Amine Amount of Sucuk". Gıda, 44(5), 819-825.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

A COMPARATIVE STUDY OF THE RISK LEVEL OF HEAVY METAL EXPOSURE FROM POTENTIAL CONSUMPTION OF IMPRESSIONALLY METAL-LOADED FRESHWATER FISH SPECIES

Dr. Burcu YEŞİLBUDAK
Çukurova Üniversitesi, Biyoloji Bölümü
ORCID: 0000-0002-3627-0024

ABSTRACT
Today, one major issue is the uncontrolled release of heavy metals from terrestrial to aquatic ecosystems. Some of these metals can be extremely toxic even at low concentrations and can disrupt the metabolic functions of the organism. Because heavy metals are not biodegradable, they bioaccumulate in organisms and eventually cause their toxic effects to become apparent. Fish are an important taxon in the food chain of the aquatic ecosystem and these organisms become the primary direct targets of pollutants in the aquatic ecosystem. This has an impact on human health and, eventually, the ecosystem. Comparing the physiological status of various freshwater fish species after prolonged, non-lethal exposure to toxic metal and the health risks to humans from consuming them are the objectives of this study. Flame atomic absorption methods were used to measure the amount of metal in fish tissues. Metal bioaccumulation in the tissues of fish exposed to toxic substances for various exposure periods generally increased significantly compared to the control group. Fish exposed to metal over an extended period of time showed species differences. Metal accumulation in both species' tissues increased with longer exposure times at the designated concentration. Metal accumulation levels in various species have been found to be significant for evaluating the risk to human health. As a result, fish provide important a priori information in monitoring heavy metal concentrations occurring in different environmental accidents or natural erosion processes and in assessing environmental health. Furthermore, examining metal toxicity by species could significantly contribute to future studies.
Keywords: Aquatic ecosystem, bioaccumulation, physiology, toxic effect, health risk

İZLENİMLİ METAL YÜKLENİMİ SAĞLANMIŞ TATLI SU BALIK TÜRLERİNİN POTANSİYEL TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN AĞIR METAL MARUZİYETİ RİSK DÜZEYİNİN KARŞILAŞTIRMALI BİR ÇALIŞMASI

ÖZET
Günümüzde önemli bir sorun, ağır metallerin karasal ekosistemlerden sucul ekosistemlere kontrolsüz salınımıdır. Bu metallerin bazıları, düşük konsantrasyonlarda bile son derece toksik olabilmekte, organizmanın metabolik fonksiyonlarını bozabilmektedir. Ağır metaller biyolojik olarak parçalanamadığı için organizmalarda biyolojik olarak birikirler ve sonunda toksik etkileri belirginleşir. Balıklar sucul ekosisteminin besin zincirinde önemli bir taksondur ve bu organizmalar kirleticilerin sucul ekosistemdeki direkt temel hedefleri haline gelirler. Bu durum insan sağlığını ve nihayetinde ekosistemi etkiler. Bu çalışmanın amacı, çeşitli tatlı su balık türlerinin uzun süreli, öldürücü olmayan toksik metal maruziyeti sonrasındaki fizyolojik durumlarını ve bu metali tüketmenin insanlar için oluşturduğu sağlık risklerini karşılaştırmaktır. Balık dokularındaki metal miktarını ölçmek için alevli atomik absorpsiyon yöntemleri kullanılmıştır. Çeşitli maruziyet süreleri boyunca toksik maddelere maruz kalan balıkların dokularındaki metal birikimi, kontrol grubuna kıyasla genellikle önemli ölçüde artmıştır.

Uzun süre metale maruz kalan balıklar tür farklılıkları göstermiştir. Her iki türün dokularındaki metal birikimi, belirlenen konsantrasyonda daha uzun süre maruz kalmayla artmıştır. Çeşitli türlerdeki metal birikim seviyelerinin, insan sağlığı riskini değerlendirmek için önemli olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, balıklar farklı çevre kazaları veya doğal erozyon süreçlerinde ortaya çıkan ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde ve çevre sağlığının değerlendirilmesinde önemli ön bilgiler sağlar. Ayrıca, türlere göre metal toksisitesinin incelenmesi, gelecekteki çalışmalara önemli katkı sağlayabilir.
Anahtar Kelimeler: Sucul ekosistem, biyolojik birikim, fizyoloji, toksik etki, sağlık riski

INTRODUCTION

The reasons why heavy metals are considered significant environmental pollutants of the aquatic environment include (Wang et al., 2024): Their ability to persist in the environment for long periods of time (high stability); their tendency for their concentration in water, sediment, and organisms to increase over time (bioaccumulation); their transfer to upper trophic levels in the food chain (biomagnification). They do not have any biological function and are introduced into the environment through natural means such as erosion, forest fires, and volcanic eruptions. Their concentration also increases due to their use in the paint and plastic industries, alkaline batteries, photographic materials, and alloys (May et al., 2001). In ecotoxicology, the most dangerous and toxic forms of heavy metals are the solutions formed by cadmium and its compounds (Yeşilbudak, 2014). The biological characteristics of aquatic ecosystems (Figure 1) change significantly under the influence of human factors (Yeşilbudak, 2022). The World Health Organization (1992) noted significant differences in the sensitivity levels of fish species to cadmium. Tolerable limits for cadmium in inland waters vary across countries and international organizations in Table 1 (Yeşilbudak, 2024).

Figure 1. Freshwater ecosystems

Table 1. Limits of cadmium in freshwater ecosystems predicted by national and international organizations

Reference	Limit value
WHO	3
USEPA	5
TR-YSKY	0.2-1.5

Even at very low concentrations in the aquatic environment, cadmium has been shown to cause tissue and spinal disorders, respiratory changes, and mortality in fish (De Smet and Blust, 2001). Cadmium has been observed to induce an anemic response in fish, leading to significant decreases in hematocrit and hemoglobin levels, erythrocyte count (Haux and Larson, 1984), and serum glucose levels (Yesilbudak, 2024). Cadmium accumulates most heavily in the prostate gland in men, as the male prostate gland contains the highest zinc concentration. Furthermore, its neurotoxic effects have been identified and they found in human epidermal cells such as hair and nails (Figure 2).

Because aquatic environments serve as reservoirs for all kinds of terrestrial and atmospheric wastes, and aquatic organisms are in direct contact with these pollutants, it is crucial to control various aspects of these environments. Furthermore, determining the tolerance limits of species living in these environments, particularly those that are pollution indicators and economically important, to various pollutants is crucial not only for ensuring the sustainability of these ecosystems but also for human health. In recent years, metal accumulation levels in species have been identified as crucial for assessing human health risks (Yeşilbudak, 2023). Fish, which contribute to the structure of the food chain in aquatic ecosystems, are negatively affected by toxic compounds, both physiologically and metabolically. This study aimed to determine the effects of changes in cadmium levels in the tissues of *C. carpio* and *O. niloticus* over 1, 15, and 30 days under the influence of sublethal cadmium concentrations of 0.5 mg/L on health risks.

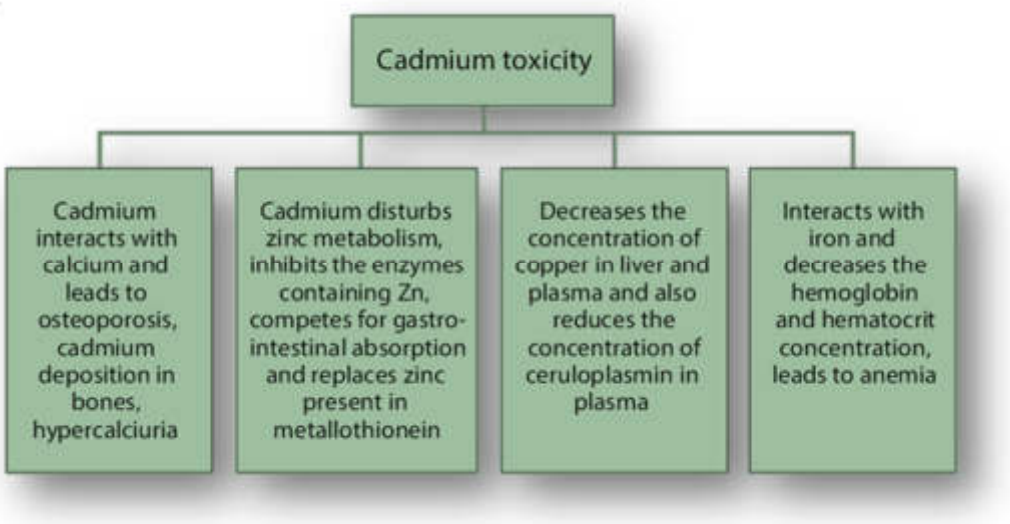


Figure 2. Effect of cadmium toxicity
(Flora et al., 2008; Jaishankar et al., 2014)

MATERIALS AND METHODS

Experimental Animals and Experimental Setup

Two freshwater fish species, *C. carpio* and *O. niloticus*, were used as material in the study. The morphometric characteristics of the fish were described according to Yeşilbudak and Erdem (2014). The experiments were carried out in four glass aquaria with dimensions of 40x120x40 cm, taking into account the species examined. Constant flow was ensured to maintain the determined cadmium concentration in 120-liter aquariums prepared for each species. The control group was formed with the same volume of rested, heavy metal-free water. Cadmium chloride ($CdCl_2$; H_2O) salt was used in the preparation of the test solutions. Trisodium citrate [$C6H5Na_3O_7.5H_2O$] was added to the stock solutions of the metals to prevent precipitation of the metal solutions used during the experiments. The experiments were carried out in three replicates, and a total of 36 fish were used.

Physical and Chemical Properties of the Experimental Environment

During the experiments, fish were fed with prepared fish food at a rate of 2% of their total biomass body weight once a day in experimental aquariums ventilated with a central ventilation system.

Some physical and chemical properties of the laboratory and stock aquarium environments where the experiments were conducted are specified according to Yeşilbudak and Erdem (2014).

Metal Analysis

At the end of the specified time periods, the fish to be used for metal analysis were removed from each aquarium. The fish's gills, liver, kidney, and muscle tissues were dissected and analyzed to calculate the metal load of all tissues. The tissues were stored at a constant temperature of 150°C for 48 hours and then weighed. After measuring their dry weight on a precision balance (Sartorius CP-224S), the tissues were transferred to test tubes for incineration. A 2:1 mixture of nitric acid (Merck, 65%, Ö.A. 1.40) and perchloric acid (Merck, 60%, Ö.A. 1.53) was added and incinerated in a fume hood at 105°C for 3 hours (Muramoto, 1983). The incinerated samples were transferred to polyethylene tubes, diluted with distilled water to a total volume of 5 ml, and prepared for metal analysis. Cadmium and zinc levels in tissues were determined using an Atomic Absorption Spectrophotometer (GBC 999).

Calculations and Statistical Evaluations

The equation used to estimate daily intake rate [(EDI) = (Celement × Dfish) / Bw] was used to calculate the daily metal intake (mg/kg body weight/day). In this formula, Celement represents the metal concentration in tissue (mg/kg wet weight), Dfish represents daily fish consumption (g/person/day), and Bw represents the average body weight of the population (kg) (Griboff et al., 2017; GDFA, 2022). Annual fish consumption for a 70 kg adult in Türkiye was found to be 5.5 kg.

The hazard coefficient (HQ) was calculated using the formula [HQ = EDI / RfD]. The literature indicates that an HQ value less than 1 does not pose a significant risk, while a value equal to or greater than 1 represents a potential public health risk. The RfD in the formula represents the oral reference dose for Cd and is 0.001 mg/kg/day according to the Risk Assessment Information System (USEPA, 2000; RAIS, 2019). This reference value was also used in the study.

The hazard index (HI) was calculated as the sum of the total heavy metal HQ values in organs using the formula [HI = ΣHQs = HQm + HQg + HQl + HQk]. If the HI value is less than 1, it is considered safe for the health of local fish consumers; if it is equal to or greater than 1, it is considered harmful to public health (Li et al., 2013).

The analyses, performed in 5 replicates for each tissue, were evaluated using Microsoft Office Excel 2010. Mean, standard error, minimum, and maximum values were calculated for data grouped by fish species. Statistical analyses were performed using SPSS 20.0 software (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Tukey's multiple comparison test was applied to determine whether metal concentrations in tissues differed significantly (Sokal, 1995).

RESULT AND DISCUSSION

To determine cadmium concentrations in the gills, liver, kidney, and muscle tissues of the studied species, the regression line showing the relationship between absorbance and metal concentration, shown in Figure 3, was used. The absorbance values of metal solutions prepared at specific concentrations from stock solutions were determined from the regression line, and from these values, Y = 0.174X + 0.014 was calculated for cadmium. In these equations, Y represents absorbance, and X represents metal concentration.

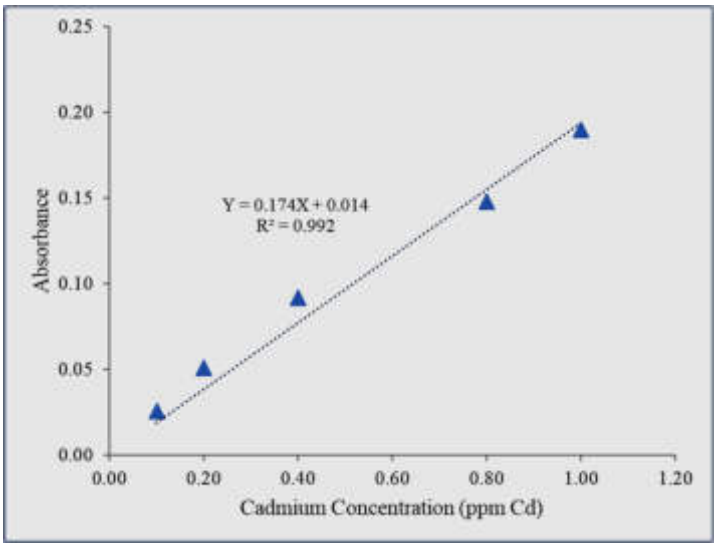


Figure 3. Linear relationship between cadmium concentration and absorbance

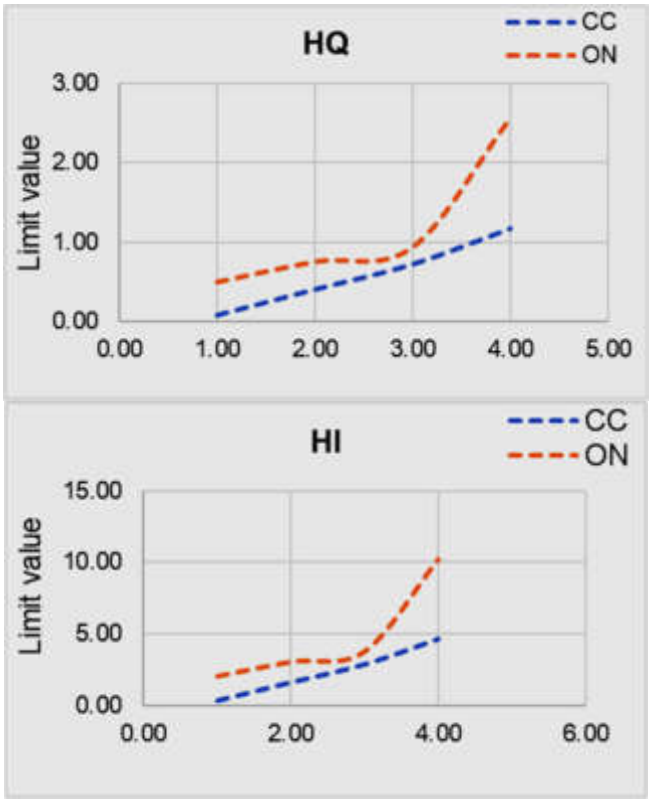


Figure 4. Public health risk values of cadmium in two fish species after 30 days (HQ: Hazard coefficient; HI: Hazard index)

No mortality was observed in *O. niloticus* and *C. carpio* exposed to ambient cadmium concentrations for 1, 15, and 30 days. At the onset of metal exposure, behavioral changes such as refusal to eat, orientation to the aquarium surface, immobility on the aquarium floor, and increased operculum movements, as well as morphological changes such as erect fins and darkening of color, were observed in both species. It was determined that these behavioral and morphological changes returned to normal with prolonged exposure (Jezierska and Witeska, 2001).

However, when the hazard coefficient and index were examined, it was observed that the public health risk values of cadmium exceeded 1 in both fish species after 30 days (Figure 4). Of the two fish, the gilthead sea bream, O. niloticus, accumulated more and may pose a public health risk. Given the ecological value and consumptive benefits of the native carp, more data and studies are needed for the production and conservation of native species.

CONCLUSION

Because fish live in constant interaction with their environment, they are highly sensitive to physiological and chemical changes. Fish are a crucial living group in aquatic ecosystems, rich in protein and serving as a food source for the general public. Due to the increasing concentrations of heavy metals being transferred to upper trophic levels and the consumption of fish by humans at the highest trophic levels, it is recommended to frequently monitor metal accumulation in fish species with economic value. After 30 days, cadmium concentrations in two fish species exceeded 1. Of the two fish, the freshwater gilthead sea bream, *O. niloticus*, showed higher accumulation and may therefore pose a public health risk. However, the use of *O. niloticus* for experimental studies rather than for consumption may be important. Given the ecological value and consumption needs of the native freshwater carp, more data and studies are needed for the production and conservation of native species.

REFERENCES

De Smet, H., & Blust, R. (2001). Stress responses and changes in protein metabolism in carp Cyprinus carpio during cadmium exposure. Ecotoxicology and environmental safety, 48(3), 255-262. https://doi.org/10.1006/eesa.2000.2011

Flora, S. J. S., Mittal, M., & Mehta, A. (2008). Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. Indian Journal of Medical Research, 128(4), 501-523. Available from: *Gale Academic OneFile*, link.gale.com/apps/doc/A198472976/AONE?u=anon~4f66b992&sid=googleScholar&xid=0388ed0c. Accessed 13 Sept. 2025.

GDFA (General Directorate of Fisheries and Aquaculture), (2022). Fisheries Statistics. Republic of Turkey Ministry of Food Agriculture and Livestock, 2018. Accessed May 1, 2025.

Griboff J, Wunderlin DA, Monferran MV. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health? Microchem J 2017; 130: 236-244. https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.09.013.

Haux, C., & Larsson, Å. (1984). Long-term sublethal physiological effects on rainbow trout, Salmo gairdneri, during exposure to cadmium and after subsequent recovery. Aquatic toxicology, 5(2), 129-142. https://doi.org/10.1016/0166-445X(84)90004-3

Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary toxicology, 7(2), 60. https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009

Jezierska, B., & Witeska, M. (2001). Accumulation of Metals in Fish. Metal Toxicity to Fish. Siedlce: Widawnictwo Akademii Podlaskiej; p. 51-82.

Li J, Huang ZY, Hu Y, Yang H. (2013). Potential risk assessment of heavy metals by consuming shellfish collected from Xiamen, China. Environ Sci Pollut Res. 20 (5): 2937-2947. DOI:10.1007/s11356-012-1207-3. https://doi.org/10.1007/s11356-012-1207-3

May, T. W., Wiedmeyer, R. H., Gober, J., & Larson, S. (2001). Influence of mining-related activities on concentrations of metals in water and sediment from streams of the Black

Hills, South Dakota. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *40*(1), 1-9. https://doi.org/10.1007/s002440010142

Muramoto, S. (1983). Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and fresh water. Journal of Environmental Science & Health Part A, 18(3), 455-461.

Sokal, R. R. (1995). Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research, 3rd edition. W.H. Freeman and Co., New York, 887s.

The Risk Assessment Information System (RAIS), (2019). University of Tennessee, Available from: https://rais.ornl.gov/index.html. Accessed May 1, 2025.

USEPA, (2000). Risk based Concentration Table. United States Environmental Protection Agency, Philadelphia, PA; Washington DC.

Wang, Y., Noman, A., Zhang, C., Al-Bukhaiti, W. Q., & Abed, S. M. (2024). Effect of fish-heavy metals contamination on the generation of reactive oxygen species and its implications on human health: a review. Frontiers in Marine Science, 11, 1500870. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1500870

WHO (1992) Cadmium-environmental aspects. Environmental Health Criteria No. 135. World Health Organisation (WHO), The International Programme on Chemical Safety (IPCS), Geneva

Yeşilbudak, B., & Erdem, C. (2014). Cadmium accumulation in gill, liver, kidney and muscle tissues of common carp, Cyprinus carpio, and Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 92(5), 546-550. https://doi.org/10.1007/s00128-014-1228-3

Yeşilbudak, B. (2022). Mini Bio-Ecological Scale Indicators Used in Comparison of Water Quality Criteria of Wetlands. International Multilingual Journal of Science and Technology, 7(8), 5358-5362.

Yeşilbudak, B. (2023). Health risk assessment of heavy metals in seabream (Sparus aurata) sampled from a public market in Türkiye. Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri Ve Biyoteknoloji, 12(1), 30-41. https://doi.org/10.18036/estubtdc.1199123

Yeşilbudak, B. (2024). An experiment on the glucose metabolite, serum electrolytes, and somatic characteristics of the Levantine Barbel Luciobarbus pectoralis (Heckel, 1843) under the effect of heavy metals. Environmental Geochemistry and Health, 46(1), 6. https://doi.org/10.1007/s10653-023-01814-2

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BAKULOVİRÜSLERİN DNA POLİMERAZ GENLERİNDE KODON KULLANIM EĞİLİMİ VE KONAK ADAPTASYONUNUN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Doç. Dr. Yeşim AKTÜRK DİZMAN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
ORCID: 0000-0003-0185-502X

ÖZET
Bakulovirüsler, çift sarmallı DNA genomuna sahip, zarfla çevrili çomak şeklinde virüsler olup Baculoviridae familyası altında sınıflandırılır. Bakulovirüsler, böceklerde sıkça ölümcül hastalıklara ve yaygın salgınlara neden olan büyük bir virüs grubunu oluşturur. Bu virüsler başlıca Lepidoptera, Diptera ve Hymenoptera takımlarına ait böcekleri enfekte eder. Konakları yalnızca omurgasızlarla sınırlı olduğundan, biyolojik mücadelede kullanılma potansiyeline sahip yararlı ajanlardır. Kodon kullanım eğilimi (CUB) analizi, organizmaların genetik ve evrimsel özelliklerini araştırmak için güçlü bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, 13 bakulovirüs türüne ait DNA polimeraz (DNA pol) geninin CUB örüntüleri incelenmiştir. Nükleotid bileşimi, etkin kodon sayısı (ENC), kodon adaptasyon indeksi (CAI) ve göreli eşanlamlı kodon kullanımı (RSCU) gibi çeşitli parametreler değerlendirilmiştir. Bulgularımız, bu genlerde genel olarak düşük düzeyde kodon eğilimi olduğunu ortaya koymuştur. RSCU analizi, sitozin (C) veya guanin (G) ile biten kodonlara yönelik bir tercih olduğunu göstermiştir. Genel nükleotid bileşimi, üçüncü kodon pozisyonu içeriği, ENC, correspondence analizi (COA) ile Aroma ve Gravy değerlerinin korelasyon analizleri hem mutasyon baskısının hem de doğal seçilimin kodon kullanım eğilimini etkilediğini ortaya koymuştur. Ancak tarafsızlık grafiği (neutrality plot) analizi, baskın faktörün doğal seçilim olduğunu göstermiştir. Ayrıca CAI değerleri, bakulovirüs DNA pol genlerinin böcek konaklarına güçlü bir uyum sağladığını yansıtmaktadır. Bu çalışma, bakulovirüs DNA pol genlerindeki CUB'un derinlemesine incelendiği ilk araştırma olup, bu genlerin moleküler evrimi ve konak etkileşimleri hakkında değerli bakış açıları sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bakulovirüs, DNA polimeraz, kodon kullanım eğilimi, konak adaptasyonu

COMPARATIVE ANALYSIS OF CODON USAGE BIAS AND HOST ADAPTATION IN DNA POLYMERASE GENES OF BACULOVIRUSES

ABSTRACT
Baculoviruses are enveloped, rod-shaped viruses with double-stranded DNA genomes, classified under the Baculoviridae family. Baculoviruses constitute a large group of viruses that frequently cause fatal diseases and widespread outbreaks in insects. They primarily infect insects from the orders Lepidoptera, Diptera, and Hymenoptera. Since their hosts are limited to invertebrates, they are beneficial agents with potential for use in biological control. Codon usage bias (CUB) analysis serves as a powerful approach to explore the genetic and evolutionary characteristics of organisms. In this study, we investigated the CUB patterns of DNA polymerase (DNA pol) genes from 13 baculovirus species. Several parameters were assessed, including nucleotide composition, effective number of codons (ENC), codon adaptation index (CAI), and relative synonymous codon usage (RSCU), among others. Our findings revealed a generally low level of codon bias in these genes. RSCU analysis indicated a preference for codons ending in cytosine (C) or guanine (G).

Correlation analyses of overall nucleotide composition, third codon position content, ENC, correspondence analysis (COA), as well as Aroma and Gravy scores, suggested that both mutational pressure and natural selection influence codon usage patterns. However, neutrality plot analysis pointed to natural selection as the predominant factor. Additionally, CAI values reflected a strong adaptation of baculovirus DNA pol genes to their insect hosts. This study provides the first in-depth examination of CUB in baculovirus DNA pol genes, offering valuable perspectives on their molecular evolution and host interactions.
Keywords: Baculovirus, DNA polymerase, codon usage bias, host adaptation

TÜRKİYE'DEKİ Glis glis POPULASYONLARININ COI GEN DİZİLERİNE DAYALI GENETİK YAPISI

Prof. Dr. Ercüment ÇOLAK
Ankara University, Faculty of Science, Department of Biology
ORCID: 0000-0001-5826-1615

Asst. Prof. Dr. Perinçek Seçkinozan ŞEKER
Artvin Çoruh University, Artvin Vocational School, Department of Forestry
ORCID: 0000-0002-6103-4840

Dr. Engin SELVİ
Ankara University, Faculty of Science, Department of Biology
ORCID: 0000-0001-5370-3023

Prof.Dr. Teoman KANKILIÇ
Ömer Halisdemir University, Faculty of Arts and Science, Department of Biotechnology
ORCID: 0000-0002-9576-5887

Prof. Dr. Reyhan ÇOLAK
Ankara University, Faculty of Science, Department of Biology
ORCID: 0000-0003-1031-4073

Prof. Dr. Nuri YİĞİT
Ankara University, Faculty of Science, Department of Biology
ORCID: 0000-0001-8426-2144

ÖZET

Avrupa ve Anadolu'da geniş bir yayılış gösteren bayağı yediuyur (*Glis glis*), filocoğrafik ve populasyon genetiği çalışmalarının ortaya koyduğu üzere, tek bir buzul sığınaktan kaynaklanan yayılım sürecine bağlı olarak düşük düzeyde genetik çeşitlilik sergileyen önemli bir kemirgen türüdür. Bu çalışmada, Türkiye'nin 12 farklı lokalitesinden toplanan toplam 68 bireye ait mitokondriyal *COI* geninin 493 baz çifti uzunluğundaki kısmi dizisine dayalı analizler sonucunda, toplam 8 haplotip tespit edildi. Bu haplotiplerden Haplotip 2'nin, 59 birey ile baskın olarak Türkiye genelinde geniş bir coğrafik alanda yayılış gösterdiği, diğer nadir haplotiplerin ise belirli lokalitelere özgü olduğu belirlendi. Populasyonların genelinde haplotip çeşitliliği (HD = 0.295 ± 0.071) ve nükleotid çeşitliliğinin (π = 0.00170) düşük seviyede olduğu bulundu. Populasyon düzeyindeki değerlendirmelerde ise türün heterojen bir genetik yapıya sahip olduğu gözlendi: Bursa ve Çanakkale gibi batı lokalitelerinde daha yüksek haplotip çeşitliliği bulunurken, Karadeniz Bölgesindeki populasyonlarının büyük bölümünde tek bir haplotipin baskın olduğu belirlendi. GenBank örneklerinin dahil edildiği filogenetik analizler, Türkiye populasyonlarının Orta Avrupa soy hatlarıyla yakın ilişkili olduğunu, ancak bazı lokal haplotiplerin bölgesel farklılaşmaya işaret ettiğini gösterdi. Ayrıca tek tepeli uyumsuzluk dağılımı, *G. glis* populasyonlarında yakın geçmişte muhtemel bir demografik genişlemeyi desteklemektedir. Elde edilen bulgular, Türkiye'deki *G. glis* populasyonlarının büyük ölçüde homojen bir genetik yapıya sahip olduğunu, ancak yerel varyasyonların varlığını koruduğunu ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, türün genetik yapısı, Anadolu'daki biyocoğrafik durumu ve Avrupa populasyonları ile filogenetik ilişkilerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: *Glis glis*, *COI* geni, genetik yapı, Türkiye.

GENETIC STRUCTURE OF *Glis glis* POPULATIONS IN TÜRKİYE BASED ON *COI* GENE SEQUENCES

ABSTRACT
The edible dormouse (*Glis glis*), widely distributed across Europe and Anatolia, is considered an important rodent species that, according to phylogeographic and population genetic studies, exhibits low levels of genetic diversity as a result of postglacial expansion from a single refugium. In this study, partial sequences (493 bp) of the mitochondrial *COI* gene from 68 individuals collected across 12 localities in Türkiye were analyzed. A total of 8 haplotypes were identified. Among them, Haplotype 2 was found to be dominant, represented by 59 individuals and broadly distributed throughout Türkiye, whereas rare haplotypes were restricted to specific localities. Overall haplotype diversity (HD = 0.295 ± 0.071) and nucleotide diversity (π = 0.00170) were found to be low. Population-level analyses revealed a heterogeneous genetic structure: while higher haplotype diversity was observed in western localities such as Bursa and Çanakkale, most populations in the Black Sea region were dominated by a single haplotype. Phylogenetic analyses including GenBank sequences showed that Turkish populations are closely related to Central European lineages, although some local haplotypes indicated regional differentiation. Furthermore, the unimodal mismatch distribution supported a recent demographic expansion in *G. glis* populations. These findings suggest that Turkish populations of *G. glis* are largely genetically homogeneous, though local variation is maintained. Overall, the results provide valuable insights into the species' genetic structure, its biogeographic history in Anatolia, and its phylogenetic relationships with European populations.
Keywords: *Glis glis*, *COI* gene, genetic structure, Türkiye.

Eurytoma pistacina (HYMENOPTERA: EURYTOMİDAE) TÜRÜNÜN GENOM MİMARİSİ: GENOM ENFLASYONUNDA ARTIŞ

Elisa Gül ÇİL
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0004-5068-4727

Asst. Prof. Özgül DOĞAN
Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics
ORCID: 0000-0003-0182-8654

Prof. Dr. Mahir BUDAK
Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics
ORCID:0000-0001-5610-486X

Prof. Dr. Ertan Mahir KORKMAZ
Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics
ORCID: 0000-0001-5610-486X

ÖZET
Kuşburnu sinipid gal komünitesi konak bitki, gal yapıcı böcek ve parazitoidler gibi bağımsız soyhatlarını barındıran çoklu trofik düzeyde etkileşim birliğidir. Ancak, günümüzde bu etkileşim birliği üyelerini temsil eden genom verisi ve aralarındaki karmaşık etkileşimlerin bütünsel olarak ele alındığı genom düzeyinde çalışmalar neredeyse yok denecek kadar azdır. Burada, çoklu trofik etkileşim birliği içerisinde yer alan kuşburnu sinipid gal komünitesi üyelerinden *Eurytoma pistacina* (Hymenoptera, Eurytomidae) parazitoid türünün genomu üretilmiş ve taslak genom mimarisi inşa edilmiştir. Bu doğrultuda, 150 bç eşli-uç seçeneği ile yaklaşık 300 milyon kısa okuma üretilmiştir. Takiben, düşük kaliteli okumalar filtrelenmiş ve genom büyüklüğü k-mer tabanlı bir yaklaşım ile tahmin edilmiştir. Genom assembli sonucunda elde edilen *de novo* contig ve scaffoldların kaliteleri QUAST, bütünlükleri ise BUSCO programı ile değerlendirilmiştir. Genom annotasyonu aşamasında tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanlar karakterize edilmiştir. Taslak genom 69,31 x kapsam değerinde oluşturulmuştur. Haploid genom yaklaşık 687-700 Mbç olarak tahmin edilmiştir. Genom assembli aşamasında toplam %83,2 (4985 adet) oranında tam BUSCO elde edilmiştir. Genomun GC içeriği %36,93 olarak hesaplanmıştır. Genomun %40,65'i serpiştirilmiş, %2,48'lik kısmı ise basit tekrarlar ve düşük kompleksiteli diziler olmak üzere toplam %43,13'lük kısmı tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanlardan oluşmaktadır. Belirlenen tekrarların %32,7'si ise sınıflandırılamamıştır. *E. pistacina* türü genom büyüklüğü yakın akraba türleri ile kıyaslandığında yaklaşık iki ila üç kat arasında bir artış sergilemiştir. Bu artış, komünite içerisindeki olası RNA, bakteri veya virüs tabanlı genetik materyal aktarımı nedeniyle tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanların genomdaki enflasyonu ile ilişkilendirilebilir. Genom büyüklüğündeki bu artış, aynı zamanda komünite üyeleri arasındaki genetik/genomik etkileşimlerin yansıması olarak da değerlendirilebilir.

Bu nedenle bu etkileşimleri daha net belirleyebilmek için benzer seçilim baskıları, yatay gen transferleri ve gen duplikasyonları gibi genom üzerine işleyen mekanizmaların daha kapsamlı araştırılmasına ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Genom annotasyonu, hareketli genetik elemanlar, biyoinformatik, parazitoid, gal topluluğu, chalcid arıları

GENOME ARCHITECTURE OF *Eurytoma pistacina* (HYMENOPTERA: EURYTOMIDAE): EXPANDING GENOME INFLATION

ABSTRACT

The rosehip cynipid gall community represents a multitrophic interaction system hosting independent lineages such as the host plant, gall-inducing insects, and parasitoids. However, genomic data representing the members of this interaction system and studies addressing their complex interactions at the genomic level are currently scarce. Here, the genome of *Eurytoma pistacina* (Hymenoptera, Eurytomidae), a parasitoid species within the rosehip cynipid gall community, was sequenced using a next-generation sequencing approach. A draft genome architecture was constructed through bioinformatics approaches. Approximately 300 million short reads were generated using the Illumina NovaSeq platform with a 150 bp paired-end option. Subsequently, low-quality reads were filtered, and the genome size was estimated using a k-mer-based approach. *De novo* contigs and scaffolds were obtained through genome assembly using the MaSuRCA program. The quality of the scaffolds was assessed with QUAST, and their completeness was evaluated using the BUSCO program. For genome annotation, repetitive sequences and mobile genetic elements were characterized using RepeatMasker with a library prepared in RepeatModeler. The draft genome was generated at a coverage depth of 69,31x. The haploid genome size was estimated to be approximately 687–700 Mbp. A total of 83.2% (4,985) complete BUSCOs were obtained in the genome assembly process. Quality assessment revealed that 122,812 contigs were generated with a total length of 521 Mbp, and the GC content was calculated as 36.93%. Of the genome, 40.65% consisted of interspersed repeats, while 2.48% comprised simple repeats and low-complexity sequences, collectively accounting for 43.13% repetitive sequences and mobile genetic elements. Notably, 32.7% of the identified repeats could not be classified. Compared to closely related species, the genome size of *E. pistacina* was found to be approximately two to three times larger. This increase may be related with the high proportion of repetitive sequences and mobile genetic elements, potentially resulting from genetic material transfer involving RNA, bacteria, or viruses within the community. This genome size expansion may also reflect the genetic/genomic interactions among the community members. Consequently, further comprehensive investigations are required to elucidate the mechanisms acting on the genome, including similar selective pressures, horizontal gene transfers, and gene duplications.

Keywords: Genome annotation, transposable elements, bioinformatics, parasitoid, gall community, chalcid wasp

GİRİŞ

Tüm canlılar, yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirmek ve canlılığını sürdürmek için çevre ve diğer organizmalarla zorunlu olarak etkileşim halindedir. Bu etkileşimlerin bir sonucu olarak ekolojik ve genetik düzeyde yeni bağlantıların ortaya çıkması bu sayede adaptif değişimlerin meydana gelmesi ve biyoçeşitliliğin artması beklenmektedir. Canlılığın birçok farklı formda olması gibi kurulan etkileşimlerin de buna bağlı olarak çeşitli olduğu görülmektedir.

Bu yüzden evrimsel süreçte meydana gelen bu etkileşimlerin anlamlandırılması için birçok farklı bakış açısı geliştirilmiştir. Bu bağlamda etkileşim içindeki filogenetik olarak farklı canlıların her birinin diğeri üzerinde seçilim baskısı yarattığı ve böylelikle karşılıklı olarak sergiledikleri evrimsel değişimler için birlikte evrim kavramı ortaya çıkmıştır (Ehrlich & Raven, 1964). Birlikte evrim, polinatör ve bitki, av ve avcı, parazit ve konak gibi türler arasında biyolojik birlikteliklerin oluşmasında etkendir (Anderson & Johnson, 2008; Nair et al., 2019). Birlikte evrim kavramı kendi içinde farklı yaklaşımları içermektedir (Thompson, 2010). İki türün karşılıklı olarak adaptif değişimler göstermesi ve aralarındaki evrimsel silahlanma yarışları, rekabet eden türler arasındaki özelliklerin ayrışması ve karşılıklı fayda sağlayan türler arasında ise yakınsaması gibi çeşitli sonuçları kapsar. Organizmaların birlikte evrimleşmesi genetik düzeyde ele alınırken, beraberinde etkileşimin kurulduğu populasyonun düzeyine ve şartlarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bazı koşullar altında türler arasında kurulan ilişki antagonistik temellere dayanır ve karşılıklı etkileşimler olarak değerlendirilir (Brockhurst & Koskella, 2013).

Bu etkileşim birliktelikleri ikili olduğu kadar çoklu düzeyde de olabilir. Bu çoklu etkileşim ağına bitki galleri örnek olarak verilebilir. Bu galler kendine özgü mikrohabitat ortamı sayesinde, gal üyeleri arasındaki ilişkiler dikkate alınarak çoklu trofik düzeyde kurulan etkileşimlerin anlaşılması adına iyi bir modeldir (Hayward & Stone, 2005; López-Núñez et al., 2019). Bazı hayvan, mantar, bakteri, virüs veya parazitik bitkiler tarafından indüklenerek oluşan gal yapıları, ektopik hücre çoğalması ve genişlemesi sonucu gelişen anormal bitki dokularıdır (Mani, 2013). Gal yapıları genellikle türe özgü olup morfolojileri ve metabolizmaları gal indükleyici türler ile güçlü bir şekilde ilişkilidir (Moura et al., 2008; Stone & Schönrogge, 2003). Özellikle herbivor kaynaklı gallerin çok sayıda filogenetik soyhattı içermesine bağlı olarak evrimsel süreçte farklı şekillerde birçok kez ve bağımsız biçimde ortaya çıktıları görülmektedir. Çoğu gal indükleyici böcekler, Cecidomyiidae (Diptera) ve Cynipidae (Hymenoptera) familyalarına aittir. Cynipinae (Hymenoptera: Cynipidae) altfamilyasında bulunan meşe sinipidlerinin oluşturduğu galler, genellikle bu gallerde yaşayan başta kalsitler (Hymenoptera: Chalcidoidea) olmak üzere parazitoidler ve inkuilinler gibi doğal düşmanlara ev sahipliği yaparak zengin tür çeşitliliği sergileyen komüniteler oluştururlar (Schönrogge et al., 1995; Stone et al., 2002). Bu çok katmanlı ekolojik ortam birbirinden bağımsız soy hatlarının birlikte evrimini çok yönlü olarak etkilerken, aynı zamanda farklı trofik seviyeler arasında gerçekleştirilen etkileşimlerin genetik temellerinin oluşmasına da zemin hazırlamaktadır. Bu genetik temellerin ortaya çıkmasında etkili olan mekanizmalardan biri yatay gen transferleridir (HGT) (Méteignier et al., 2021). Özellikle organizmaların evrimsel süreçleri dikkate alındığında zaman içerisinde edinilen genetik materyallerin aktarımını sağlamada bu temel mekanizma öne çıkar (Verster et al., 2021; Xia et al., 2021). Genetik materyal aktarımı RNA, bakteri veya virüs tabanlı olarak diğer türlerle kurulan birliktelikler neticesinde hareketli genetik elemanların katkısıyla gerçekleşmektedir. Bu mekanizmaların anlaşılması için özellikle son dönemde ivmelenen yeni nesil dizileme ve biyoinformatik yaklaşımlarla yapılan çalışmalar neticesinde yüksek bir veri yoğunluğu elde edilmektedir. Bu veriler, organizmalar ve birbirleriyle etkileşimleri hakkında gen/genom düzeyinde derin bir anlayış kazandırır ve yeni bakış açıları geliştirmemize katkı sağlayabilir. Buna rağmen günümüzde farklı trofik düzeylerde gerçekleşen karmaşık ilişkilerin dinamikleri yeterince çözümlenememiştir. Bu tarz etkileşimlerin daha bütüncül ve kapsamlı olarak ele alınması gerekmektedir.

Bu kapsamda, bu çalışmada kuşburnu sinipid gal üyesi *Eurytoma pistacina* (Hymenoptera: Eurytomidae) parazitoid türünün genom taslağı ilk defa inşa edilmiştir. Bu sayede gal ekosistemi içerisinde yaşamasına bağlı olarak yakın akraba türlerine kıyasla kazanımları ve farklılıklarının neler olabileceği değerlendirilmiştir. Komünite içerisindeki organizmalarla olası etkileşimlerinin neden olduğu sonuçlara dair güçlü tahminler yapılmıştır.

YÖNTEM

Örneklem

Örneklem materyalini kuşburnu gal komünitesi üyelerinden *E. pistacina* türü oluşturmaktadır. Gallerden toplanan bu türün erkek bireylerinden DNA izolasyonu, yeni nesil dizileme ve çeşitli biyoinformatik araçlar kullanılarak genom assembly ve genom annotasyon işlemleri yapılmıştır.

Genomik DNA İzolasyonları

Kuşburnu gal komünite üyelerinden teşhisi tamamlanmış *E. pistacina* türüne ait erkek bireylerden genomik DNA ekstraksiyonu manyetik boncuk tabanlı manuel protokol kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, örnekler sıvı azot yardımıyla mekanik olarak homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sonrasında TNES tamponu (50 mM Tris-HCl, pH 7,5; 400 mM NaCl; 20 mM EDTA; %0,5 SDS) ve proteinaz K eklenerek gece boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Ardından santrifüj edilen örneklerden elde edilen süpernatant manyetik boncuk çözeltisi ile muamele edilerek DNA'nın boncuklara bağlanması sağlanmıştır. Etanol (EtOH) ile yapılan yıkamaların ardından, DEPL'li su içerisinde örnekler çözündürülerek ekstraksiyon tamamlanmıştır.

Yeni Nesil Dizileme

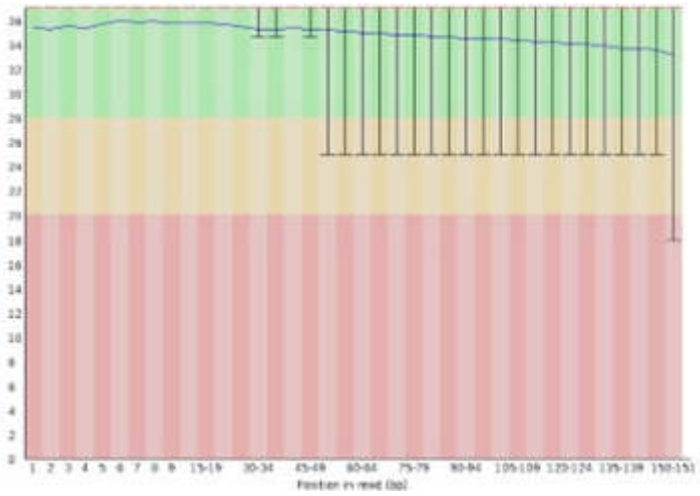
Ekstrakte edilen DNA'nın kalite ve kantite tayinlerinden sonra dizileme kütüphanesi inşa edilmiştir. Üretilen kütüphane 150 bç eşli-uç seçeneği ile Illumina NovaSeq platformunda dizilenmiş ve yaklaşık 300 milyon kısa okuma elde edilmiştir.

Genom İnşası ve Annotasyonu

Yeni nesil dizileme sonucunda üretilen okumaların kaliteleri FastQC v0.12.1 (Andrews, 2010) (http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc) programı aracılığıyla değerlendirilmiştir. Kalite değerlendirmelerinin ardından kalite skorunun altında kalan düşük kaliteli okumalar ve adaptör diziler fastp (Chen et al., 2018) aracı ile filtrelenmiştir. Bu önişlemin ardından, genom büyüklüğü k-mer tabanlı bir yaklaşım ile tahmin edilmiştir. İlk olarak Jellyfish v2.3.1 (Marçais & Kingsford, 2011) programında k-mer sayımı yapılmış ardından k-merlerin dağılımı bir histogram dosyasına çevrilmiştir. Elde edilen histogram dosyaları GenomeScope programına aktarılarak genom heterozigotluk oranı, büyüklüğü ve tekrarlı elementlere yönelik tahminler gerçekleştirilmiştir. Genom taslağının inşası için *de novo* assembly yapılmıştır. Ham dizileme verileri kullanılarak MaSuRCA (Zimin et al., 2013) programı aracılığıyla *de novo* scaffoldlar elde edilmiştir. Elde edilen scaffoldların kalitesi QUAST (Gurevich et al., 2013), bütünlükleri ise ortolog genlerin karşılaştırılması için Hymenoptera veri seti (hymenoptera_odb10) kullanılarak BUSCO (Simão et al., 2015) programı ile değerlendirilmiştir. Genom annotasyonu aşamasında tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanlar RepeatModeler'da hazırlanan kütüphane kullanılarak RepeatMasker (Tempel, 2012) ile karakterize edilmiştir.

BULGULAR

Eurytoma pistacina türüne ait ham dizileme verileri kalite açısından değerlendirildiğinde ham okuma sayısı yaklaşık 332,1 milyon olarak belirlenmiştir (Şekil 1, Tablo 1). Okumaların "Phred" kalite skorlarına göre %94,15'inin 20'nin üzerinde, %87,15'inin ise 30'un üzerinde olduğu saptanmıştır (Tablo 1.).

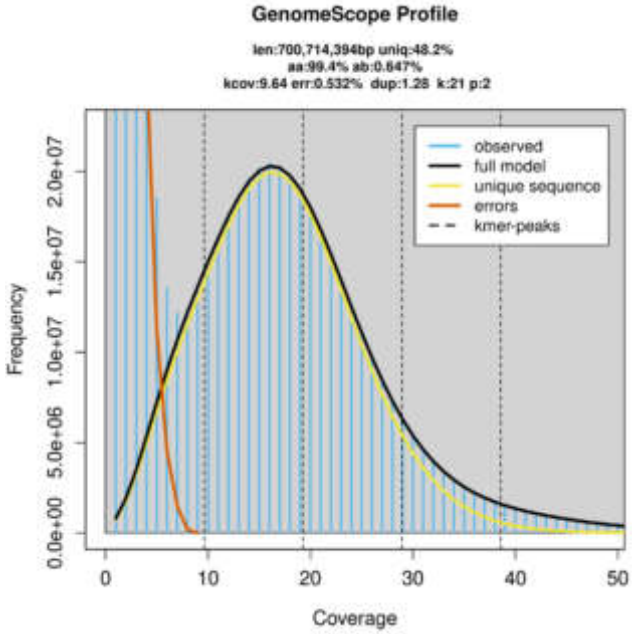


Şekil 1. *Eurytoma pistacina* türünün dizileme sonucunda elde edilen ham okuma verilerin baz başına dizi kalite grafiği

Tablo 1. *Eurytoma pistacina* türünün dizileme sonucu elde edilen ham okuma verilerinin FastQC programına göre okuma sayısı ve kalite istatistikleri

	Okuma sayısı	***Q20 (%)***	***Q30 (%)***
Eurytoma pistacina	332,149,636	%94,159635	%87,150840

Bu ön değerlendirmenin ardından dizi kütüphanesinden türün haploit genom büyüklüğü yaklaşık olarak 687 – 700 Mbç arasında tahmin edilmiştir. Bu genomun %50'sinden fazlasını (356-363 Mbç aralığında) tekrarlı elementler oluştururken, özgün bölgelerin ise yaklaşık 331-338 Mbç aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.). Heterozigotluk oranı ise %0,5 ve %0,7 değerleri arasında tahmin edilmiştir (Tablo 2.).



Şekil 2. *Eurytoma pistacina* türünün GenomeScope kullanılarak k-mer frekans dağılımı tabanlı genom büyüklük tahmin grafiği

Tablo 2. *Eurytoma pistacina* türünün GenomeScope kullanılarak k-mer frekans dağılımı tabanlı genom bileşim tahmini istatistikleri.

Özellik	Minimum (%)	Maksimum (%)
Homozigot (aa)	99,249	99,458
Heterozigot (ab)	0,541984	0,751019
Genom Haploit Uzunluğu	687,606,065 bp	700,714,394 bp
Genom Tekrar Uzunluğu	356,193,529 bp	362,983,903 bp
Genom Özgün Uzunluğu	331,412,535 bp	337,730,491 bp
Okuma Hata Oranı	0,532056	0,532056

Bu ilk değerlendirmelerin akabinde oluşturulan filtrelenmiş veri setlerinde saptanan okuma sayısı ile ortalama dizi uzunluğu çarpılarak nükleotid sayısı hesaplanmıştır. Nükleotid sayısının (48,569,890,800) tahmin edilen genom büyüklüğüne (700,714,394) oranlanması ile genom kapsamının 69,31 x olduğu belirlenmiştir. Genom taslağının inşası sonrasında elde edilen genom assemblinin bütünlüğü Hymenoptera veri seti (hymenoptera_odb10) kullanılarak 5991 ortolog gen üzerinden değerlendirildiğinde toplam %83,2 (4,985 adet) oranında tam BUSCO elde edilmiştir. Tam BUSCO'lardan 4,932 tanesi tek kopya iken, 53 tanesi duplikedir. Ayrıca %7,6 oranında 456 tane parçalı BUSCO ve %9,2 oranında 550 tane eksik BUSCO saptanmıştır (Tablo 3). Genom assembly kalitesi değerlendirildiğinde ise toplam uzunluğu 521 Mbç olmak üzere 122,812 kontig oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Bu taslak genomun GC içeriği ise %36,93 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 3. *Eurytoma pistacina* genom assemblisinin BUSCO ve QUAST analizlerine dayalı olarak kalite ve bütünlük istatistikleri

Tam BUSCO		**Parçalı BUSCO**	**Eksik BUSCO**
Tek kopyalı BUSCO	Duplike BUSCO	456 (%7,6)	550 (%9,2)
4,932 (%82,3)	53 (%0,9)		

Tablo 4. *Eurytoma pistacina* genom assemblisinin QUAST analizlerine dayalı olarak kalite istatistikleri

QUAST				
Scaffold sayısı	Toplam uzunluk (Mb)	En uzun scaffold (kb)	N50 (kb)	GC (%)
122,812	520,916,736	360,519	9,8	36,93

Genomun %40,65'i serpiştirilmiş ve %2,48'lik kısmı ise basit tekrarlar ve düşük kompleksiteli diziler olmak üzere toplam %43,13'lük kısmını tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanlar oluşturmaktadır. Bu tekrarlardan LTR'ler %3,48 ve LINE'ler %2,47 oranları ile en belirgin retroelementler olarak görülmektedirler. DNA transpozonları ise %2'lik bir kısmı kaplamaktadır. Belirlenen tekrarların %32,7'si ise mevcut biyoinformatik yaklaşımlarla sınıflandırılamamıştır (Tablo 5).

Tablo 5. *Eurytoma pistacina* genomunda RepeatMasker ile tanımlanan tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanlar

	Elementlerin sayısı*	**Genomdaki uzunlukları**	**Dizi yüzdeleri**
Retroelementler:	70,212	32,754,215 bp	5,95 %
LINEs	31,741	13,613,347 bp	2,47 %
LTR elementler	38,471	19,140,868 bp	3,48 %
DNA transpozonlar:	27,798	10,996,554 bp	2,00 %
Sınıflandırılmamış:	979,051	179,951,483 bp	32,70 %
Toplam serpiştirilmiş tekrarlar:		223,702,252 bp	40,65 %
sRNA:	131	18,034 bp	0,00 %
Satellitler:	0	0 bp	0,00 %
Basit tekrarlar:	167,625	6,280,243 bp	1,14 %
Düşük kompleksiteli:	37,959	1,780,438 bp	0,32 %
Rolling-circles	16,611	5,619,087 bp	1,02 %

TARTIŞMA ve SONUÇ

En basit bilinen yaşamsal formdan günümüze dek canlılığın sürdürülmesi ve çeşitlenmesindeki en temel neden organizmaların birbirleri ile olan etkileşimi olduğu düşünüldüğünde evrimsel açıdan bu etkileşimlerin nasıl meydana geldiği ve ne gibi sonuçlar doğurduğu birçok çalışmanın odak noktası haline gelmiştir. Bu bağlamda türlerin ikili etkileşimlerine dayanan birlikte evrim kavramı ortaya çıkmış ve türlerin karşılıklı olarak neden olduğu adaptif değişimlerin anlaşılması amaçlanmıştır (Cogni et al., 2022). Ancak zaman içerisinde ikili etkileşimlerin ötesinde daha çok türü kapsayan, çoklu trofik düzeyde gerçekleşen etkileşimlerin anlaşılmasına yönelik birlikte evrim kavramı tek başına yetersiz kalmıştır (Dixit, 2024; Janzen, 1980). Bu nedenle bu etkileşimleri yeni bakış açıları ile değerlendirmek gerekmektedir. Günümüzde bu sorulara yanıt arayan çalışmalar giderek artmaktadır (Craig et al., 2007; Kaplan et al., 2016). Özellikle son zamanlarda dizileme teknolojilerinden ve biyoinformatik yaklaşımlardan faydalanılarak, çoklu trofik düzeyde gerçekleşen etkileşimlere odaklanan daha kapsayıcı çalışmalara öncelik verilmeli ve gen/genom düzeyinde üretilen veriler ışığında ele alınmalıdır. Bu amaçla bu tarz etkileşimlere ev sahipliği yapan kuşburnu sinipid galleri özgül mikrohabitat ortamında birbirinden bağımsız soyhatlarını bir arada bulundurması nedeniyle dikkat çeken bir topluluk modeli olmuştur (Mutun, 2023). Ancak, kuşburnu sinipid gal üyelerini temsil eden genom verileri mevcut veri tabanlarında birkaç tür ile sınırlı kalmıştır. Burada, çoklu trofik etkileşim birliği içerisinde yer alan kuşburnu sinipid gal komünitesi üyelerinden *E. pistacina* (Hymenoptera, Eurytomidae) parazitoid türünün genom taslağı ilk defa inşa edilmiştir. Öncelikle Illumina NovaSeq platformunda elde edilen diziler kalite açısından değerlendirilmiştir ve grafiklerle ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Ham dizileme verilerinin %87,15 oranındaki büyük çoğunluğu 30'un üzerinde "Phred" kalite skorlarına sahiptir bu sonuç verinin sonraki analizlerde kullanımı açısından güvenilir ve yüksek doğrulukta dizilendiğini göstermektedir (Ewing et al., 1998). Ardından, *E. pistacina*'nın genom büyüklüğü yaklaşık olarak 687 – 700 Mbç olarak tahmin edilmiştir. Bu veriye bağlı olarak türün mevcut veri tabanlarında bulunan yakın akraba türlerine göre genom büyüklüğünde artış olduğu gözlemlenmiştir. NCBI veri tabanında bugüne dek *Eurytoma* türleri için yalnızca üç farklı türe ait assembly verisi eklenmiştir. Bu türler sırasıyla *E. adleriae* (GCA_900480045.1), *E. californica* (GCA_035586675.1), *E. brunniventris* (GCA_900475205.1) olmak üzere genom büyüklüklerinin 314 – 322 Mbç aralığında değerlere sahip oldukları saptanmıştır. Bu nedenle *E. pistacina*'nın yakın akraba türlerine kıyasla genom büyüklüğündeki yaklaşık iki ila üç kat arasındaki fark dikkat çekmektedir.

İnşa edilen bu genom, genom bütünlüğü ve kalitesi açısından değerlendirildiğinde %83,2 oranında tam BUSCO elde edilmesi ve çoğunun tek kopya olarak bulunması genom assemblynin genel olarak eksiksiz olduğu ve bütünlük sağladığını göstermiştir. Ancak, %7,6 oranında parçalı ve %9,2 oranında eksik BUSCO olması da göz ardı edilmemelidir. QUAST'ın kalite değerlendirmelerine göre ise genom assemblynin toplam uzunluğunun 521 Mbç olması ve 122,812 kontig üretilmesi genom assembly'nin parçalı olmasına rağmen, büyük ölçüde tamamlanmış olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda üretilen genom assembly'nin kaliteli ve bütün olduğunun ama eksiklerinin giderilmesi için daha ileri biyoinformatik araçlar ile iyileştirmeler yapılması düşünülebilir. Tekrarlı diziler ve hareketli genetik elemanlarının %43,13'lük oran ile genomun neredeyse yarısında yer alarak yüksek yoğunlukta var oldukları görülmektedir. Bu tekrarların bilinen diziler üzerinden mevcut biyoinformatik yaklaşımlarla sınıflandırılması sonucunda belirlenen diziler arasında retroelementler öne çıkmaktadır.

Ancak, %32,70 olmak üzere yüksek bir oranda sınıflandırılamayan dizilerin varlığı genomun türe özgü veya gal komünitesi içerisinde genetik materyal aktarımı yoluyla kazanılmış tekrarlı dizileri içerdiğini düşündürmektedir.

Tüm bu veriler doğrultusunda özellikle *E. pistacina* genomunun büyüklüğündeki dramatik artış gal ekosisteminin sağlamış olduğu ortam sayesinde olası birlikteliklerden kaynaklanıyor olabilir. Diğer gal üyeleri ile kurulan etkileşimler sonucunda gen kazanımı sağlayacak ilişkiler geliştirilebilir. Bu ilişkilerin kurulmasında temel mekanizmalardan birinin yatay gen transferleri olduğu düşünülürse, genom büyüklüğünün artması komünite içerisindeki olası RNA, bakteri veya virüs tabanlı genetik materyal aktarımı ile ilişkilendirilebilir. Nitekim *E. pistacina* türünün yakın akraba türlerine kıyasla genom büyüklüğündeki dikkat çeken farklılık gal komünitesi içerisinde geliştirmiş olabileceği adaptif değişikliklerin moleküler yansıması olabilir. Bu durum birlikte evrim kavramından yola çıkarak özellikle farklı trofik düzeydeki canlıların etkileşimini gözlemlemek ve arka plandaki nedenlerin anlaşılmasında yeni bakış açıları geliştirmek için bir fırsattır ve daha derin şekilde araştırılmalıdır.

Teşekkür: Bu çalışma, TÜBİTAK 123Z065 nolu “Komünal evrimin genomik yansımaları: çoklu düzeyde trofik etkileşimli kuşburnu sinipid gal komünitesi örneği” ve CÜBAP F-2025-747 nolu “Desatüraz genlerinin *Eurytoma pistacina* (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eurytomidae) türünde tüm genom boyunca karakterizasyonu ve kuşburnu snipid gal üyeleri arasında karşılaştırmalı analizleri" adlı projeler kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Anderson, B., & Johnson, S. D. (2008). THE GEOGRAPHICAL MOSAIC OF COEVOLUTION IN A PLANT–POLLINATOR MUTUALISM. *Evolution*, *62*(1), 220–225. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00275.x

Brockhurst, M. A., & Koskella, B. (2013). Experimental coevolution of species interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, *28*(6), 367–375. https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.02.009

Chen, S., Zhou, Y., Chen, Y., & Gu, J. (2018). fastp: An ultra-fast all-in-one FASTQ preprocessor. *Bioinformatics*, *34*(17), i884–i890. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty560

Cogni, R., Quental, T. B., & Guimarães, P. R. (2022). Ehrlich and Raven escape and radiate coevolution hypothesis at different levels of organization: Past and future perspectives. *Evolution*, *76*(6), 1108–1123. https://doi.org/10.1111/evo.14456

Craig, T. P., Itami, J. K., & Horner, J. D. (2007). GEOGRAPHIC VARIATION IN THE EVOLUTION AND COEVOLUTION OF A TRITROPHIC INTERACTION. *Evolution*, *61*(5), 1137–1152. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00099.x

Dixit, T. (2024). A synthesis of coevolution across levels of biological organization. *Evolution*, *78*(2), 211–220. https://doi.org/10.1093/evolut/qpad082

Ehrlich, P. R., & Raven, P. H. (1964). Butterflies and Plants: A Study in Coevolution. *Evolution*, *18*(4), 586–608. https://doi.org/10.2307/2406212

Ewing, B., Hillier, L., Wendl, M. C., & Green, P. (1998). Base-Calling of Automated Sequencer Traces UsingPhred. I. Accuracy Assessment. *Genome Research*, *8*(3), 175–185. https://doi.org/10.1101/gr.8.3.175

Gurevich, A., Saveliev, V., Vyahhi, N., & Tesler, G. (2013). QUAST: Quality assessment tool for genome assemblies. *Bioinformatics*, *29*(8), 1072–1075. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt086

Hayward, A., & Stone, G. N. (2005). Oak gall wasp communities: Evolution and ecology. *Basic and Applied Ecology*, *6*(5), 435–443. https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.003

Janzen, D. H. (1980). WHEN IS IT COEVOLUTION? *Evolution*, *34*(3), 611–612. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1980.tb04849.x

Kaplan, I., Carrillo, J., Garvey, M., & Ode, P. J. (2016). Indirect plant–parasitoid interactions mediated by changes in herbivore physiology. *Current Opinion in Insect Science*, *14*, 112–119. https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.03.004

López-Núñez, F. A., Ribeiro, S., Marchante, H., Heleno, R. H., & Marchante, E. (2019). Life inside a gall: Diversity, phenology and structure of Portuguese gall communities, their hosts, parasitoids and inquilines. *Arthropod-Plant Interactions*, *13*(3), 477–488. https://doi.org/10.1007/s11829-018-9655-4

Mani, M. S. (2013). *Ecology of Plant Galls*. Springer.

Marçais, G., & Kingsford, C. (2011). A fast, lock-free approach for efficient parallel counting of occurrences of k-mers. *Bioinformatics*, *27*(6), 764–770. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr011

Méteignier, L.-V., Papon, N., & Courdavault, V. (2021). Plant to Insect Horizontal Gene Transfer: Empowering Whiteflies. *Trends in Genetics*, *37*(8), 688–690. https://doi.org/10.1016/j.tig.2021.04.007

Moura, M., Soares, G., & Isaias, R. (2008). Species-specific changes in tissue morphogenesis induced by two arthropod leaf gallers in Lantana camara L. (Verbenaceae). *Australian Journal of Botany - AUST J BOT*, *56*. https://doi.org/10.1071/BT07131

Mutun, S. (2023). Bitki ve böcekler arasındaki bilek güreşi: Gal oluşumu ve gal arıları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *24*(2), 151–159. https://doi.org/10.17474/artvinofd.1313775

Nair, R. R., Vasse, M., Wielgoss, S., Sun, L., Yu, Y.-T. N., & Velicer, G. J. (2019). Bacterial predator-prey coevolution accelerates genome evolution and selects on virulence-associated prey defences. *Nature Communications*, *10*(1), 4301. https://doi.org/10.1038/s41467-019-12140-6

Schönrogge, K., Stone, G. N., & Crawley, M. J. (1995). Spatial and Temporal Variation in Guild Structure: Parasitoids and Inquilines of Andricus quercuscalicis (Hymenoptera: Cynipidae) in Its Native and Alien Ranges. *Oikos*, *72*(1), 51–60. https://doi.org/10.2307/3546037

Simão, F. A., Waterhouse, R. M., Ioannidis, P., Kriventseva, E. V., & Zdobnov, E. M. (2015). BUSCO: Assessing genome assembly and annotation completeness with single-copy orthologs. *Bioinformatics*, *31*(19), 3210–3212. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv351

Stone, G. N., & Schönrogge, K. (2003). The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology & Evolution*, *18*(10), 512–522. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00247-7

Stone, G. N., Schönrogge, K., Atkinson, R. J., Bellido, D., & Pujade-Villar, J. (2002). The Population Biology of Oak Gall Wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual Review of Entomology*, *47*(Volume 47, 2002), 633–668. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145247

Tempel, S. (2012). Using and understanding RepeatMasker. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, *859*, 29–51. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-603-6_2

Thompson, J. N. (2010). Four Central Points About Coevolution. *Evolution: Education and Outreach*, *3*(1), 7–13. https://doi.org/10.1007/s12052-009-0200-x

Verster, K. I., Tarnopol, R. L., Akalu, S. M., & Whiteman, N. K. (2021). Horizontal Transfer of Microbial Toxin Genes to Gall Midge Genomes. *Genome Biology and Evolution*, *13*(9), evab202. https://doi.org/10.1093/gbe/evab202

Xia, J., Guo, Z., Yang, Z., Han, H., Wang, S., Xu, H., Yang, X., Yang, F., Wu, Q., Xie, W., Zhou, X., Dermauw, W., Turlings, T. C. J., & Zhang, Y. (2021). Whitefly hijacks a plant detoxification gene that neutralizes plant toxins. *Cell*, *184*(7), 1693-1705.e17. https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.02.014

Zimin, A. V., Marçais, G., Puiu, D., Roberts, M., Salzberg, S. L., & Yorke, J. A. (2013). The MaSuRCA genome assembler. *Bioinformatics (Oxford, England)*, *29*(21), 2669–2677. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt476

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TÜRKİYE, İRAN VE ABD ANTEP FISTIĞI İHRACAT FİYATLARINDA YAPTIRIM ŞOKUNA BAĞLI ASİMETRİK PAZAR ENTEGRASYONU: VECM TABANLI BİR ANALİZ

Dr. Öğr. Üyesi Zekiye ŞENGÜL ABEDI
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0000-0002-2496-2867

ÖZET
Bu çalışma, 2016M04–2024M03 döneminde Türkiye, İran ve ABD'nin aylık reel Antep fıstığı ihracat fiyatları arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkileri nicel olarak belirlemek ve İran'a uygulanan yaptırım şokunun pazar bütünleşmesi ile göreli fiyat rekabetçiliği üzerindeki etkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Özellikle, ABD'nin Mayıs 2018'de Kapsamlı Ortak Eylem Planı'ndan (JCPOA) çekilmesini izleyen yaptırım rejiminin fiyat ilişkileri ve entegrasyon dinamiklerine yansımaları analize dâhil edilmiştir. Bu çerçevede, TRY/USD ve IRR/USD reel kurları ile Brent petrol fiyatı da dâhil edilerek Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) tahmin edilmiştir. ADF/PP test sonuçları serilerin I (1) olduğunu, Johansen yaklaşımı ise tek bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermiştir. Uzun dönem bulguları, ABD fiyatının İran fiyatıyla pozitif ve güçlü, Türkiye fiyatıyla ise negatif bir ilişki içinde olduğunu ortaya koymaktadır. Denklemin Türkiye fiyatına çözümü, Türkiye–İran çiftinin uzun dönemde birlikte hareketini teyit ederken, negatif ilişkinin ABD–Türkiye arasında geçerli olduğunu göstermektedir. Hata-düzeltme katsayıları, dengesizliklerin başlıca Türkiye fiyatı üzerinden ve hızlı biçimde giderildiğini; ABD fiyatının uzun dönem parametreleri açısından zayıf dışsal davrandığını göstermektedir. Bulgular, Türkiye için endeksli sözleşmeler ve türevlerle kur/enerji riskinden korunma, enerji–lojistik verimliliği, stok dengelemesi, pazar çeşitlendirmesi ve katma değerli ürünlere yönelimi; İran için yaptırım koşullarında alternatif ödeme/lojistik kanalları, standart–kalite belgelendirmesi, markalaşma ve hedef pazar derinleştirmeyi; ABD için şeffaf piyasa bilgisi, öngörülebilir ticaret politikası ve ayrıştırıcı engellerin azaltılmasını önermektedir. Böylece üç ülke arasında daha verimli ve istikrarlı bir fiyat entegrasyonu desteklenebilir.
Anahtar Kelimeler: Antep fıstığı, VECM, Eşbütünleşme, Yaptırım, JCPOA

SANCTION-SHOCK INDUCED ASYMMETRIC MARKET INTEGRATION IN TÜRKİYE, IRAN, AND UNITED STATES PISTACHIO EXPORT PRICES: A VECM-BASED ANALYSIS

ABSTRACT
This study aims to quantitatively determine the long- and short-term relationships among the monthly real pistachio export prices of Türkiye, Iran, and the United States during the period 2016M04–2024M03, and to reveal the impact of the sanction shock imposed on Iran on market integration and relative price competitiveness. Specifically, the reflections of the sanctions regime following the US withdrawal from the Joint Comprehensive Plan of Action (JCPOA) in May 2018 on price relationships and integration dynamics are incorporated into the analysis. In this framework, a Vector Error Correction Model (VECM) was estimated, incorporating the real exchange rates of TRY/USD and IRR/USD as well as the Brent crude oil price. The ADF/PP test results indicate that the series are I(1), while the Johansen approach confirms a single cointegrating relationship.

The long-run findings reveal that the US price is positively and strongly related to the Iranian price and negatively related to the Turkish price. The solution of the equation for the Turkish price confirms the long-run comovement of the Türkiye–Iran pair, while the negative relationship is valid between the US and Türkiye. The error-correction coefficients indicate that disequilibria are primarily and rapidly corrected through the Turkish price, whereas the US price behaves weakly exogenous with respect to the long-run parameters. The findings recommend index-linked contracts and derivatives to hedge against exchange-rate and energy risks, energy–logistics efficiency, inventory balancing, market diversification, and a shift toward value-added products for Türkiye; alternative payment/logistics channels under sanction conditions, standardization–quality certification, branding, and deepening target markets for Iran; and transparent market information, predictable trade policy, and the reduction of discriminatory barriers for the US. Thus, more efficient and stable price integration among the three countries can be supported.
Keywords: Pistachio, VECM, Cointegration, Sanction, JCPOA

GİRİŞ

Küresel Antep fıstığı piyasası, arz ve talebin oldukça yoğunlaştığı, oligopolistik bir yapı sergilemektedir. Bu piyasanın dinamikleri büyük ölçüde, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), İran ve Türkiye olmak üzere üç ana üretici ve ihracatçı ülke tarafından şekillendirilmektedir. Bu üç ülke, dünya toplam Antep fıstığı üretiminin ve ihracatının yaklaşık %90'ını karşılayarak piyasada belirleyici bir rol oynamaktadır. 2023 yılı verilerine göre ABD 675850 ton ile üretimde ilk sırada yer alırken, onu 307866 ton ile İran ve 176000 ton ile Türkiye takip etmiştir (FAO, 2025). İhracat pazarlarında da benzer bir hakimiyet söz konusudur; 2024 yılında ABD 2.51 milyar dolarlık ihracat değeriyle lider konumdayken, İran 672.48 milyon dolarla ikinci sırada, Türkiye ise 444.68 milyon dolarla üçüncü sırada yer almıştır (Intracen, 2025). İran, tarihsel olarak pazarın en önemli oyuncularından biri olmasına rağmen, son yıllarda ABD'nin modern tarım teknikleri ve artan üretim alanları sayesinde pazar payını artırmasıyla rekabet yoğunlaşmıştır (Pakravan and Kavoosi Kalashami, 2011). Türkiye ise hem önemli bir üretici hem de stratejik konumu itibarıyla Avrupa ve Orta Doğu pazarları için kilit bir tedarikçi konumundadır (Ertürk vd., 2015). Bu üç ülkenin üretim ve ihracat politikaları, rekolte beklentileri ve karşılaştıkları jeopolitik riskler, küresel Antep fıstığı fiyatları üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda, bu üç pazar arasındaki fiyat ilişkilerinin ve entegrasyon düzeyinin analizi, piyasa verimliliğini ve fiyat oluşum mekanizmalarını anlamak için kritik bir öneme sahiptir.

Fiyat entegrasyonu analizlerinin temelini oluşturan Tek Fiyat Yasası (Law of One Price - LOP), homojen bir ürünün, işlem maliyetleri ve döviz kurları hesaba katıldığında, farklı pazarlarda aynı fiyata sahip olması gerektiğini öne sürmektedir (von Cramon-Taubadel and Goodwin, 2021). Ancak Antep fıstığı, tam anlamıyla homojen bir ürün değildir. Ürün, uluslararası ticarette başta kabuklu (in-shell) ve iç (shelled/kernel) olmak üzere farklı formlarda işlem görmektedir (Intracen, 2025). Ayrıca, her ülkenin kendine özgü çeşitleri bulunmaktadır; örneğin İran'da Kalleh-Ghouchi, Akbari, Fandoghi gibi çeşitler öne çıkarken, ABD'de Kerman, Lost Hills, Golden Hills çeşitleri ön sırada gelmektedir. Türkiye'de ise Siirt, Kırmızı, Uzun, Halebi, Tekin gibi çeşitler kullanılmaktadır (Yavuz vd., 2016; Öztep ve Işın, 2023). Bu çeşitler, tat, boyut, renk ve aroma gibi özellikler açısından farklılık göstermekte ve bu da fiyatlandırmayı etkilemektedir. Fiyatların karşılaştırılabilirliğini sağlamak için, analizlerde genellikle belirli bir kalite ve boyuttaki (örneğin, 20-22 kalibre Akbari) ürünlerin FOB ihracat fiyatları veya uluslararası ticaret platformlarında oluşan referans fiyatlar kullanılmaktadır.

Bu standardizasyon çabalarına rağmen, kalite algısı, marka değeri ve menşe ülkeye atfedilen özellikler gibi faktörler, fiyat farklılıklarının devam etmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, bu üç pazar arasındaki fiyat entegrasyonunu incelerken, ürün farklılaştırmasının LOP'un varsayımlarından bir sapma yarattığı ve fiyat geçişkenliğinin tam olmasını engelleyebilecek bir faktör olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Uluslararası tarım piyasalarının entegrasyonunu etkileyen en önemli faktörlerden biri, ticareti kısıtlayan veya maliyetini artıran politika şoklarıdır. Bu çalışmanın odak noktasını oluşturan temel olay, ABD'nin Mayıs 2018'de Ortak Kapsamlı Eylem Planı'ndan (Joint Comprehensive Plan of Action - JCPOA) tek taraflı olarak çekilmesi ve İran'a yönelik nükleer bağlantılı yaptırımları yeniden uygulamaya koymasıdır (Akkaya, 2020). 2015 yılında İran ile P5+1 ülkeleri (ABD, İngiltere, Fransa, Çin, Rusya ve Almanya) arasında imzalanan JCPOA, genel olarak İran açısından nükleer faaliyetlerde kısıtlamalar ve bu kısıtlamalara uyulup uyulmadığının denetlenmesi açısından çeşitli mekanizmalar öngörürken, bunun karşılığında, İran'ın uzun yıllardır nükleer faaliyetleri nedeniyle karşı karşıya kaldığı yaptırımların kademeli olarak sona erdirilmesini içermekteydi. Yaptırımların kalkmasıyla İran'ın uluslararası pazarlara erişimi kolaylaşmış ve ticareti canlanmıştı. Ancak, 2018'de ABD'nin anlaşmadan çekilmesiyle birlikte, KOEP doğrultusunda kaldırılan yaptırımların yeniden devreye alınmıştır. Her ne kadar gıda ve tarım ürünleri genellikle insani gerekçelerle doğrudan yaptırım kapsamı dışında tutulsa da, bankacılık ve lojistik sektörlerine yönelik kısıtlamalar, İranlı ihracatçıların ödeme alma, sigorta yaptırma ve ürünlerini uluslararası pazarlara ulaştırma süreçlerinde ciddi engeller yaratmıştır (Kokabisaghi, 2018). Bu yaptırım şoku, küresel Antep fıstığı pazarının yapısını değiştirme potansiyeline sahip bir dışsal şok olarak kabul edilebilir ve bu şokun Türkiye, İran ve ABD ihracat fiyatları arasındaki uzun dönemli denge ilişkisini ve bu dengeye uyarlanma sürecinin simetrisini nasıl etkilediği, bu çalışmanın temel araştırma konusunu oluşturmaktadır.

Bu tür bir pazar ilişkisini analiz etmek için kullanılan teorik çerçeve, Tek Fiyat Yasası (LOP), pazar entegrasyonu ve eşbütünleşme kavramlarına dayanmaktadır. LOP, arbitraj mekanizması sayesinde, mekansal olarak ayrılmış pazarlardaki fiyatların uzun dönemde yalnızca işlem maliyetleri kadar farklılaşabileceğini belirtmektedir (Yang et al., 2000). Pazar entegrasyonu ise, bir pazardaki fiyat şoklarının diğer pazarlara ne ölçüde ve ne hızda iletildiğini ifade etmekte ve LOP'un ampirik bir yansıması olarak görülebilmektedir (Muwanga and Snyder, 1999). Eğer pazarlar entegre ise, birindeki fiyat değişikliği diğerlerinde de bir fiyat tepkisine yol açacaktır. Ekonometrik olarak, durağan olmayan fiyat serileri arasındaki bu tür bir uzun dönemli denge ilişkisi, eşbütünleşme (cointegration) kavramı ile test edilmektedir (Rapsomanikis et al., 2003). İki veya daha fazla fiyat serisi eşbütünleşik ise, bu seriler kısa dönemde birbirlerinden sapsalar bile, uzun dönemde birlikte hareket etme eğilimindedirler ve aralarında istikrarlı bir denge ilişkisi bulunmaktadır. Bu denge ilişkisinin varlığı, pazarların entegre olduğuna dair güçlü bir kanıt sunmaktadır (Muwanga and Snyder, 1999). Dolayısıyla, Türkiye, İran ve ABD Antep fıstığı ihracat fiyatları arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunması, bu üç pazarın birbirine entegre olduğu ve birindeki fiyat hareketlerinin diğerlerini etkilediği anlamına gelecektir. Bu çalışmanın temel hipotezi, 2018 yaptırım şokunun bu uzun dönemli denge ilişkisini bozduğu veya yapısını değiştirdiği yönündedir.

Klasik pazar entegrasyonu modelleri, fiyat şoklarına verilen tepkilerin simetrik olduğunu varsaymaktadır yani, pozitif bir şok (fiyat artışı) ile aynı büyüklükteki negatif bir şokun (fiyat düşüşü) diğer pazarlarda aynı büyüklükte ve hızda bir tepki yaratacağı kabul edilmektedir. Ancak, ampirik çalışmalar sıklıkla bu varsayımın geçerli olmadığını ve fiyat geçişkenliğinin asimetrik olabildiğini göstermektedir (Meyer and von Cramon-Taubadel, 2004).

Asimetrik fiyat geçişkenliği (Asymmetric Price Transmission - APT), fiyatların artışlara ve azalışlara farklı tepkiler vermesi durumunu ifade etmekte olup, genellikle 'rockets and feathers' analojisiyle açıklanmaktadır; buna göre fiyatlar roket gibi hızla yükselmekte, ancak tüy gibi yavaş düşmektedir (Tappata, 2009). Bu asimetrinin arkasında yatan birkaç temel teorik neden bulunmaktadır. Bunlardan ilki, piyasa gücüdür. Arz zincirindeki işlemci, toptancı veya perakendeci gibi aracıların oligopolistik veya oligopsonistik güce sahip olması durumunda, maliyet artışlarını kâr marjlarını korumak için hızla nihai fiyata yansıtırken, maliyet düşüşlerini yavaş ve eksik yansıtarak kârlarını artırma eğiliminde olabilirler (Lajdova and Bielik, 2015). İkinci neden, uyarlama maliyetleridir. Fiyatları değiştirmenin (etiket basımı, katalog güncelleme vb.) bir maliyeti olduğundan, firmalar küçük maliyet düşüşlerini fiyatlarına yansıtmak yerine bu maliyete katlanmamayı tercih edebilirler (Meyer and von Cramon-Taubadel, 2004). Üçüncü bir neden ise envanter yönetimi ve stoklama davranışlarıdır. Firmalar, gelecekteki fiyat artışlarına karşı korunmak veya talep dalgalanmalarını yönetmek için stok tutabilmekte ve bu durum fiyat ayarlama hızlarını etkileyebilmektedir. Son olarak, bu çalışma için en önemli neden olan rejim kaymaları ve politika müdahaleleridir. Hükümetlerin uyguladığı fiyat destekleri, kotalar, vergiler veya bu çalışmanın odak noktası olan ekonomik yaptırımlar gibi politikalar, piyasanın yapısını ve işlem maliyetlerini değiştirerek simetrik fiyat geçişkenliğini bozabilmektedir (Kinnucan and Forker, 1987). 2018'de İran'a yönelik yaptırımların yeniden devreye girmesi, İranlı ihracatçılar için işlem maliyetlerini (finansman, sigorta, lojistik) aniden ve önemli ölçüde artırmış, bu da bir rejim kaymasına neden olmuştur. Bu şokun, İran fiyatlarının ABD ve Türkiye fiyatlarındaki düşüşlere ve yükselişlere verdiği tepkiyi asimetrik hale getirmesi beklenmektedir. Örneğin, yaptırımlar nedeniyle artan maliyetler ve riskler, İranlı ihracatçıların uluslararası piyasalardaki fiyat düşüşlerine uyum sağlama esnekliğini azaltırken, fiyat artışlarını kendi maliyetlerini karşılamak için daha hızlı yansıtma baskısı yaratabilir.

Fiyat şoklarının pazarlar arasında iletilmesi çeşitli kanallar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu çalışmada döviz kuru ve enerji/lojistik maliyetleri olmak üzere iki temel kanal öne çıkmaktadır. Döviz kuru, uluslararası ticarete konu olan tarımsal emtiaların fiyatları için en önemli geçişkenlik kanallarından biridir (Hatzenbuehler et al., 2016). Antep fıstığı ihracat fiyatları genellikle ABD doları üzerinden belirlendiği için, Türk Lirası (TRY) ve İran Riyali'nin (IRR) ABD doları karşısındaki değerinde meydana gelen değişimler, bu ülkelerin ihracatçılarının rekabet gücünü ve yerel para birimi cinsinden gelirlerini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, yerel para biriminin değer kaybetmesi (kurun yükselmesi), ihracatçılar için birim ihracat başına daha fazla yerel para geliri anlamına gelmekte ve bu durum, uluslararası piyasada daha rekabetçi fiyatlar sunmalarına olanak tanıyabilmekte veya kâr marjlarını artırabilmektedir. Bu nedenle, döviz kurundaki dalgalanmaların ihracat fiyatlarına geçişkenliği, pazar entegrasyonu analizinde dikkate alınması gereken kritik bir değişkendir (Kotil, 2020). İkinci önemli kanal ise enerji ve lojistik maliyetleridir. Tarımsal üretim ve ticaret, enerji yoğun süreçlerdir. Gübre ve zirai ilaç üretimi, sulama, hasat, işleme, paketleme ve en önemlisi uluslararası nakliye maliyetleri, büyük ölçüde petrol fiyatlarına bağlıdır (Yurttançıkmaz et al., 2020). Bu çalışmada, küresel enerji maliyetleri için bir gösterge olarak Brent petrol fiyatları kullanılmaktadır. Brent petrol fiyatlarındaki bir artış, taşıma ve lojistik maliyetlerini yükselterek FOB ihracat fiyatları üzerinde yukarı yönlü bir baskı yaratmaktadır. Bu maliyet artışları, pazarlar arasındaki fiyat farkını (arbitraj marjını) etkileyerek fiyat geçişkenliğinin hızını ve büyüklüğünü değiştirebilmektedir. Özellikle yaptırımlar sonrası İran'ın lojistik ve sigorta maliyetlerindeki artış, petrol fiyatlarındaki değişimlerin İran'ın ihracat fiyatlarına olan etkisini diğer ülkelerden farklılaştırabilmekte ve asimetriye yol açabilmektedir.

Makroekonomik kanalların yanı sıra, piyasanın mikro yapısı da fiyat geçişkenliği süreçlerini derinden etkilemektedir. Antep fıstığı tedarik zinciri, üreticilerden nihai tüketicilere ulaşana kadar çeşitli aracılardan (tüccarlar, komisyoncular, işlemeciler, ihracatçılar) oluşmaktadır (Doğan Öz, 2022). Özellikle ABD'deki büyük ölçekli üreticiler, yüksek teknolojili üretim ve kooperatif yapıları sayesinde yüksek pazarlık gücüne sahiptir (American Pistachio Growers, 2021). İran ve Türkiye'deki küçük ölçekli çiftçiler, özellikle aracıların fazla olması ve sınırlı kolektif yapı nedeniyle daha düşük pazarlık gücüne sahiptir (Hilmi, 2011; Doğan Öz, 2022). Bu farklı yapılar, fiyatların oluşum ve iletim mekanizmalarında farklılıklara yol açmaktadır. Ayrıca, piyasadaki sözleşme türleri de önemlidir. Fiyatların önceden belirlendiği vadeli sözleşmeler (forward contracts), spot piyasadaki anlık dalgalanmaların fiyatlara yansımasını geciktirebilirken, spot piyasa ağırlıklı bir yapı, fiyatların daha oynak olmasına ve şokların daha hızlı iletilmesine neden olabilmektedir (Shao et al., 2022). Stoklama ve envanter yönetimi de bir diğer mikro yapısal unsurdur. Antep fıstığı, uygun koşullarda depolanabilen bir üründür. Büyük tüccarlar ve ihracatçılar, fiyatların düşük olduğu dönemlerde stok yaparak ve yüksek olduğu dönemlerde stoklarını piyasaya sürerek fiyatları etkileyebilir ve arbitraj fırsatlarından yararlanabilirler. Bu durum, fiyat şoklarının etkisini yumuşatabilmekte veya geciktirebilmektedir. Son olarak, Antep fıstığı üretiminin mevsimselliği, yani hasat dönemlerinde (genellikle Ağustos-Eylül) arzın artması ve fiyatların düşme eğilimi göstermesi, yıl boyunca fiyatlarda döngüsel bir hareket yaratmaktadır. Bu mevsimsel etkiler, pazar entegrasyonu analizlerinde kontrol edilmesi gereken önemli bir faktördür.

Bu çalışmanın teorik ve ampirik temellerini oluşturan literatür üç ana eksen etrafında şekillenmektedir. İlk olarak, kuruyemişler ve genel olarak tarım emtialarında fiyat entegrasyonunu inceleyen geniş bir literatür bulunmaktadır. Bu çalışmalar, genellikle eşbütünleşme, Vektör Hata Düzeltme Modelleri (VECM) ve Vektör Otoregresif (VAR) modeller gibi zaman serisi tekniklerini kullanarak farklı coğrafi pazarlar veya tedarik zincirinin farklı aşamaları arasındaki fiyat ilişkilerini analiz etmektedir (Xu et al., 2022). Bu çalışmaların bulguları genellikle pazarların bir dereceye kadar entegre olduğunu, ancak entegrasyonun tam olmadığını ve zamanla değişebildiğini göstermektedir. Özellikle badem ve ceviz gibi ürünler için yapılan çalışmalar, Kaliforniya piyasasının küresel piyasalarla kısa vadede entegre olduğunu ancak uzun vadeli eşbütünleşme kanıtlarının zayıf olabildiğini ortaya koymuştur. İkinci olarak, ekonomik yaptırımların uluslararası ticaret ve emtia fiyatları üzerindeki etkilerini inceleyen literatür, bu çalışmanın bağlamını oluşturmaktadır. Bu literatür, yaptırımların hedef ülkenin ticaret hacmini düşürdüğünü, işlem maliyetlerini artırdığını ve ticaretin üçüncü ülkelere kaymasına (trade diversion) neden olduğunu göstermektedir (Felbermayr et al., 2020; Avetisyan and Lektzian, 2024). Yaptırımlar, hedef ülkedeki emtia fiyatlarını yükseltirken, yaptırım uygulayan ülkedeki ilgili ürünlerin fiyatlarını düşürebilmektedir (Afesorgbor et al., 2025). Üçüncü olarak, petrol fiyatları ve döviz kuru geçişkenliğine odaklanan makroekonomik literatür, fiyat iletim kanallarını anlamak için teorik bir zemin sunmaktadır. Bu çalışmalar, gelişmekte olan ekonomilerde, petrol fiyatlarındaki ve döviz kurundaki şokların ithal girdi maliyetleri ve üretim maliyetleri aracılığıyla tarımsal ürün fiyatlarına ve genel enflasyona pozitif bir şekilde yansıdığını ortaya koymaktadır (Baş and Kara, 2020). Bu üç literatür akımı, kendi alanlarında önemli bulgular sunsa da, bu üç alanın kesişiminde önemli bir boşluk bulunmaktadır.

Mevcut literatürdeki temel boşluk, büyük bir jeopolitik şok olan ekonomik yaptırımların, küresel bir tarım emtia pazarındaki ana oyuncular arasındaki fiyat entegrasyonunun *asimetrik* doğasını nasıl etkilediğini bütüncül bir ekonometrik model çerçevesinde incelememiş olmasıdır.

Fiyat entegrasyonu çalışmaları genellikle politika şoklarını birer kukla değişken olarak modele dahil ederken, bu şokların fiyat ayarlama sürecinin simetrisini nasıl bozduğunu ayrıntılı olarak ele almamaktadır. Yaptırım literatürü ise genellikle ticaret hacimleri ve makroekonomik etkiler üzerine odaklanmakta, spesifik bir emtia pazarındaki fiyat geçişkenliği dinamiklerini mikro düzeyde analiz etmemektedir. Asimetrik fiyat geçişkenliği çalışmaları ise çoğunlukla piyasa gücü veya uyarlama maliyetleri gibi içsel piyasa yapılarına odaklanmakta, yaptırımlar gibi büyük ve dışsal bir şokun yarattığı rejim kaymasının asimetri üzerindeki etkisini modellememektedir. Bu çalışma, tam da bu kesişim noktasında konumlanarak, 2018 ABD yaptırım şokunun Türkiye, İran ve ABD Antep fıstığı ihracat fiyatları arasındaki uzun dönemli denge ilişkisini nasıl değiştirdiğini ve bu şoka verilen tepkilerin asimetrik olup olmadığını bir Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) çerçevesinde analiz ederek literatürdeki bu önemli boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışma şu temel araştırma sorularına yanıt arayacaktır: (1) Türkiye, İran ve ABD Antep fıstığı ihracat fiyatları arasında uzun dönemli bir pazar entegrasyonu (eşbütünleşme) ilişkisi mevcut mudur? (2) 2018 yılında ABD'nin İran'a yönelik yaptırımları yeniden uygulaması, bu uzun dönemli denge ilişkisinde bir yapısal kırılmaya neden olmuş mudur? (3) Fiyat şoklarının pazarlar arasındaki iletimi simetrik midir, yoksa yaptırım şokuna bağlı olarak asimetrik bir yapı mı sergilemektedir? Bu soruları test etmek için geliştirilen temel hipotezler şunlardır: (H1) Yaptırım öncesi dönemde üç ülke fiyatları arasında istikrarlı bir eşbütünleşme ilişkisi vardır. (H2) 2018 yaptırım şoku, bu eşbütünleşme ilişkisinin parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir yapısal kırılmaya yol açmıştır. (H3) Yaptırım sonrası dönemde, özellikle İran'ın ihracat fiyatlarının, diğer iki ülkenin fiyatlarındaki değişimlere verdiği tepki asimetriktir; yani, fiyat artışlarına ve azalışlarına farklı hızda ve büyüklükte uyum sağlamaktadır.

Bu çalışmanın, mevcut literatüre üç temel alanda katkı sağlaması beklenmektedir. Kuramsal olarak, asimetrik fiyat geçişkenliği teorisini, piyasa gücü ve işlem maliyetleri gibi geleneksel açıklamaların ötesine taşıyarak, büyük ölçekli bir jeopolitik şokun (ekonomik yaptırımlar) bir rejim kayması yaratarak pazar entegrasyonunun doğasını nasıl asimetrik hale getirebileceğine dair ampirik bir kanıt sunacaktır. Bu, yaptırımların sadece ticaret akışlarını değil, aynı zamanda piyasaların temel fiyatlandırma mekanizmalarını da nasıl bozabileceğini göstererek hem uluslararası ticaret hem de tarım ekonomisi teorilerine önemli bir katkı sağlayacaktır. Yöntemsel olarak, çalışma, bir politika şokunun etkisini analiz etmek için yapısal kırılmaları dikkate alan asimetrik bir Vektör Hata Düzeltme Modeli'nin (VECM) uygulanmasını sergileyecektir. Bu yaklaşım, şokun sadece ortalama ilişkiler üzerindeki etkisini değil, aynı zamanda piyasanın dengeye uyarlanma sürecinin dinamikleri ve simetrisi üzerindeki etkisini de ortaya koyarak daha zengin ve nüanslı bir analiz sunma potansiyeline sahiptir. Politika açısından ise, çalışma üç ülke için de önemli çıkarımlar sunacaktır. Türkiye için, ana rakiplerinden birinin karşılaştığı bir ticaret engelinin kendi ihracat fiyatları ve pazar payı üzerindeki dolaylı etkilerini anlamak, ihracat stratejilerinin geliştirilmesinde yol gösterici olacaktır. İran için, yaptırımların tarımsal ihracat üzerindeki maliyetini ve uluslararası piyasalara entegrasyonunu nasıl zayıflattığını somut bir şekilde ortaya koyarak, "direnç ekonomisi" politikalarının etkinliğini değerlendirmek için bir veri sunacaktır. ABD için ise, uygulanan yaptırımların sadece hedef ülkeyi değil, aynı zamanda küresel emtia piyasalarının işleyişini ve rakip ülkelerin konumlanmasını nasıl etkilediğini göstererek, yaptırım politikalarının dolaylı ve istenmeyen sonuçları hakkında politika yapıcılara önemli bilgiler sağlayacaktır. Bu beklenen katkılar, çalışmanın sadece akademik bir boşluğu doldurmakla kalmayıp, aynı zamanda reel sektör ve politika yapıcılar için de pratik bir değer taşıdığını göstermektedir.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın veri setini, Nisan 2016 - Mart 2022 dönemini kapsayan Türkiye, İran ve ABD'ye ait Antep fıstığı ihracat birim fiyatları, Brent petrol fiyatları ile Türkiye ve İran'ın döviz kuru serileri oluşturmaktadır (Çizelge 1). Antep fıstığı, uluslararası ticarette Uyumlaştırılmış Sistem (HS) altında 0802.51 (kabuklu) ve 0802.52 (iç/çekirdek) kodlarıyla sınıflandırılan iki temel formda işlem görmektedir. Analizde her ülke için tutarlı ve karşılaştırılabilir bir fiyat serisi elde etmek amacıyla, bu iki ürün kodunun ortalama değeri kullanılmıştır. İran'da birden fazla döviz kuru sisteminin bulunması nedeniyle, ekonomik gerçekleri daha isabetli yansıtan serbest piyasa kuru tercih edilmiştir. Son olarak, tüm parasal değişkenler Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) kullanılarak reel değerlere dönüştürülmüştür (Ha et al., 2023). Reel dönüşümlerin ardından, serilerdeki değişen varyans sorununu azaltmak ve model katsayılarını esneklik olarak yorumlayabilmek için tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır (Aydoğan ve Gündüz, 2023). Bu çalışmanın merkezinde yer alan politika şokunu, yani ABD'nin JCPOA'dan çekilerek İran'a yönelik yaptırımları yeniden başlattığı Mayıs 2018 tarihini modellemek için bir kukla değişken oluşturulmuştur. Bu değişken, 2016M04–2018M04 dönemi için 0 değerini, 2018M05–2024M03 dönemi için ise 1 değerini almaktadır. Bu kukla değişken, VECM modelinde hem deterministik bir bileşen olarak yer alarak yaptırımların uzun dönemli denge seviyesinde bir kaymaya (rejim kayması) neden olup olmadığını test etmek, hem de kısa dönem dinamiklerine etki edip etmediğini incelemek için kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan değişkenler listesi

Değişken	Açıklama	Kaynak
LN_RPTR	Reel Türkiye Antep fıstığı ihracat fiyatı (log, USD/kg)	Intracen, 2025
LN_RPUS	Reel ABD Antep fıstığı ihracat fiyatı (log, USD/kg)	Intracen, 2025
LN_RPIR	Reel İran Antep fıstığı ihracat fiyatı (log, USD/kg)	Intracen, 2025
LN_ROIL	Reel Brent ham petrol fiyatı (log, USD/varil)	World Bank, 2025
LN_RFXTR	Reel TRY/USD döviz kuru (log)	Sbb, 2025
LN_RFXIR	Reel IRR/USD döviz kuru (log)	Tgju, 2025
DUMMY	Yaptırım kukla değişkeni (2018-05 öncesi 0, sonrası 1)	

Türkiye, İran, ABD reel Antep fıstığı ihracat birim fiyatları arasındaki uzun dönem eşbütünleşme ve kısa dönem iletim mekanizmalarını incelemek için birim-kök sınamaları, gecikme uzunluğu seçimi, Johansen eşbütünleşme testleri ve Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) çerçevesini kullanılmıştır. Değişkenlerin durağanlık derecesi doğrulandıktan sonra düzeylerde VAR gecikmesi p bilgi kriterleriyle belirlenmiş, uzun dönem ilişkiler Johansen testleriyle sınanmış ve hem uzun dönem ayarlama hem de kısa dönem iletim katsayıları VECM içinde tahmin edilmiştir (Dickey and Fuller, 1981; Phillips and Perron, 1988; Kwiatkowski et al., 1992; Johansen, 1988, 1991; Lütkepohl, 2005).

Durağanlık testleri: Serilerin bütünleşme derecesini belirlemek amacıyla, Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) (Dickey & Fuller, 1981) ve Phillips-Perron (PP) (Phillips & Perron, 1988) birim kök testleri kullanılmıştır. Her iki testin de temel hipotezi (H0), serinin birim kök içerdiği, yani durağan olmadığıdır (I(1)). Alternatif hipotez (H1) ise serinin birim kök içermediği, yani düzeyde durağan olduğudur (I(0)).

Gecikme uzunluğunun belirlenmesi: Vektör Otoregresif (VAR) ve VECM modellerinin tahmininde doğru gecikme uzunluğunun (p) seçimi kritik bir öneme sahiptir.

Gecikme uzunluğunun gereğinden kısa seçilmesi otokorelasyon sorununa ve modelin dinamik yapısının eksik tanımlanmasına yol açarken, gereğinden uzun seçilmesi ise serbestlik derecesi kaybına ve modelin aşırı parametrelendirilmesine neden olmaktadır (Gutiérrez, 2007). Bu çalışmada, en uygun gecikme uzunluğunu belirlemek için Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwarz Bayesci Bilgi Kriteri (SIC veya BIC) ve Hannan-Quinn Bilgi Kriteri (HQIC) kullanılmıştır (Damba et al., 2019). Farklı gecikme uzunlukları için bu kriterler hesaplanmış ve en düşük değeri veren gecikme uzunluğu, model için optimal gecikme olarak seçilmiştir.

Johansen eşbütünleşme analizi: Değişkenler arasındaki uzun dönemli denge ilişkilerinin varlığını araştırmak amacıyla, Johansen (1988) ve Johansen ile Juselius (1990) tarafından geliştirilen eşbütünleşme analizi kullanılmıştır. VAR modeline dayanan bu yöntem, analize dahil edilen serilerin aynı mertebeden entegre, yani birinci farklarında durağan (I(1)) olmalarını gerektirmektedir. Johansen yaklaşımı, kurulan VAR modelinin VECM formülasyonu içindeki Π katsayı matrisinin rankını (r) test ederek eşbütünleşik vektörlerin sayısını belirlemektedir. Bu rankın belirlenmesi için İz (Trace) ve Maksimum Özdeğer (Maximum Eigenvalue) olmak üzere iki olabilirlik oranı (likelihood ratio) testi uygulanmaktadır. İz testi, sıfır hipotezinde en fazla 'r' sayıda eşbütünleşme ilişkisi olduğunu test ederken; Maksimum Özdeğer testi, 'r' adet eşbütünleşme ilişkisi olduğu şeklindeki sıfır hipotezini 'r+1' adet ilişki bulunduğu alternatifine karşı test etmektedir.

VECM Spesifikasyonu: Johansen eşbütünleşme testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığı tespit edildiğinden, bu ilişkinin kısa ve uzun dönemli dinamiklerini analiz etmek amacıyla VECM tahmin edilmiştir (StataCorp. 2025). Modelin matematiksel ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$\Delta p_t = \alpha\left(\acute{\beta} p_{t-1} + \psi D_t\right) + \sum_{i}^{p-1} \Gamma_i \Delta p_{t-i} + \Theta \Delta X_t + \mu + \varepsilon_t$$

Burada p_t log-reel fiyatlar vektörünü, D_t 2018M05 ve sonrası için yaptırım kuklasını, X_t dışsal kontroller (ör. reel döviz kuru ve Brent petrol fiyatı) vektörünü, β uzun dönem eşbütünleşme vektörlerini, α ise hata-düzeltme katsayılarını temsil etmektedir. Deterministik terimler (sabit/trend) Johansen'in vaka sınıflandırmasına göre seçilmiş; kırılma kuklası uzun dönem sabitine dışsal olarak dâhil edilmiştir. Tahmin sonrası artık otokorelasyonu (LM/Portmanteau), normallik (JB), değişen varyans gibi tanısal testler yapılmıştır (Tayyar, 2021).

VECM tabanlı Granger nedensellik analizinde kısa dönem ve uzun dönem etkiler ayrıştırılmıştır (Granger, 1969). Kısa dönem Granger nedenselliği için her bir denklemin bağımlı değişkeni y iken, diğer piyasalara ait gecikmeli farkların blok halinde sıfır olduğu $H_0: \gamma_{y\leftarrow x,1} = \ldots = \gamma_{y\leftarrow x,p-1} = 0$ kısıtı Wald/χ^2. testiyle sınanmıştır. Uzun dönem Granger nedenselliği için y denkleminin hata-düzeltme katsayısı test edilmiştir: $H_0: \alpha_y = 0$ (zayıf dışsallık) reddedildiğinde, eşbütünleşik kombinasyondan y'ye doğru uzun dönem nedensellik bulunduğunu göstermektedir.

BULGULAR

Ampirik analizin ön koşulu olarak, çalışmada kullanılan tüm değişkenlerin durağanlık özellikleri ADF ve PP birim kök testleri ile incelenmiştir. Çizelge 2'de sunulan sonuçlar, her iki testin de tüm serilerin düzey değerlerinde birim kök içerdiğini, dolayısıyla durağan olmadıklarını göstermektedir. Ancak, serilerin birinci farkları alındığında birim kök içerdiklerine dair sıfır hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir.

Bu bulgular, tüm değişkenlerin birinci mertebeden entegre, yani I(1) olduğunu teyit etmektedir. Serilerin aynı mertebeden entegre olması, aralarındaki potansiyel uzun dönemli ilişkinin eşbütünleşme analizi ve VECM çerçevesinde incelenmesi için gerekli olan ön koşulu sağlamaktadır.

Çizelge 2. Durağanlık testi sonuçları

Değişken	ADF-Düzey	PP-Düzey	ADF-1. Fark	PP-1. Fark	Düzey
LN_RPTR	-0.50	-0.62	-12.30***	-13.59***	I(1)
LN_RPUS	-1.04	-1.52	-15.36***	-16.83***	I(1)
LN_RPIR	-0.18	-0.15	-9.61***	-9.65***	I(1)
LN_ROIL	0.17	0.31	-7.82***	-7.10***	I(1)
LN_RFXTR	0.00	0.09	-6.89***	-6.21***	I(1)
LN_RFXIR	0.99	1.06	-6.57***	-6.57***	I(1)

-*, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

VAR modeli için uygun gecikme uzunluğu, Çizelge 3'te sunulmuştur. AIC ve FPE en düşük değerlerini p=2'de verirken, SC ve HQ daha az gecikmeyi (p=1) önermektedir. Ancak modelin kısa dönemli dinamiklerini yeterince esnek bir şekilde yakalamak ve artıkların otokorelasyonu riskini minimize etmek amacıyla, AIC ve FPE tarafından önerilen p=2 gecikme uzunluğu tercih edilmiştir. Buna karşılık VECM'de fark gecikmesi L=p−1=1 ve Johansen testinde "lag spec for differenced endogenous: 1–1" kullanılmıştır.

Çizelge 3. Gecikme uzunluğunun belirlenmesi

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	Seçim
0	219.90	NA	0.00	-4.67	-4.53	-4.62	
1	592.81	697.19	0.00	-12.24	-11.41*	-11.90*	
2	624.97	56.62	0.00*	-12.39*	-10.88	-11.78	✅ p=2 (AIC, FPE)
3	643.96	31.38	0.00	-12.26	-10.07	-11.37	
4	671.76	42.91*	0.00	-12.32	-9.44	-11.16	

* Kriter tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir. LR: Ardışık düzeltilmiş LR test istatistiğini, FPE: Son tahmin hatası, AIC: Akaike bilgi kriterini, SC: Schwarz bilgi kriterini ve HQ: Hannan-Quinn bilgi kriterini göstermektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli denge ilişkilerinin varlığı ve sayısı, Johansen eşbütünleşme testi ile incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4'te özetlenmiştir. Hem İz (Trace) hem de Maksimum Özdeğer testleri, modelde tek bir eşbütünleşme vektörünün (r=1) varlığını göstermektedir. Sıfır eşbütünleşme ilişkisi hipotezi (H_0:r=0), her iki test tarafından da %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir (İz: 42.94 > 29.80; Maks-Özdeğer: 27.57 > 21.13). Buna karşın, en fazla bir eşbütünleşme ilişkisi olduğu hipotezi (H_0:r≤1), test istatistiklerinin kritik değerlerin altında kalması nedeniyle reddedilememiştir. Bu doğrultuda, eşbütünleşme rankının r=1 olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgu, analiz edilen fiyat serilerinin uzun dönemde ortak bir denge ilişkisi etrafında birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla, bu uzun dönemli denge dinamiğini modellemek üzere bir VECM tahmin edilmesi metodolojik olarak uygun bulunmuştur.

Çizelge 4. Johansen eşbütünleşme testi sonuçları

H_0 (r)	İz İstatistiği (Trace)	Kritik Değer (%5)	p-Değeri**	Maksimum Özdeğer	Kritik Değer (%5)	p- Değeri**
r = 0*	42.94	29.80	0.00	27.57	21.13	0.01
r ≤ 1	15.36	15.49	0.05	12.20	14.26	0.10
r ≤ 2	3.16	3.84	0.08	3.16	3.84	0.08

* %5 anlamlılık düzeyinde hipotezin reddedildiğini, ** ise MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-değerlerini göstermektedir.

Çizelge 5, Johansen testiyle belirlenen tek eşbütünleşme ilişkisini (r=1) ABD fiyatına (LN_RPUS) göre normalize edilmiş uzun dönem katsayılarıyla sunmaktadır. Elde edilen denge ilişkisi

LN_RPUS=−0.96LN_RPTR+1.78LN_RPIR+0.42

Şeklinde ifade edilmekte olup, LN_RPTR ve LN_RPIR katsayıları %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bulgular, uzun dönemde ABD–İran fiyatları arasında güçlü ve pozitif bir eş-hareket (≈1.78) bulunduğunu, Türkiye fiyatının ise denge kombinasyonunda ters yönlü (−0.96) bir bileşen olarak yer aldığını göstermektedir. Denklemin Türkiye fiyatı üzerinden çözümü

LN_RPTR =−1.04LN_RPUS+1.85LN_RPIR+0.44

Olup, bu ifade Türkiye–İran çiftinin uzun dönemde birlikte hareketini teyit ederken, ABD–Türkiye arasında negatif ilişkinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Zayıf dışsallık sınamalarıyla birlikte değerlendirildiğinde (Çizelge 7), ABD fiyatının hata-düzeltme terimine anlamlı tepki vermediği (lider), Türkiye'nin güçlü, İran'ın ise daha ılımlı düzeyde dengeye ayarlama yaptığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Çizelge 5. LN_RPUS'a göre normalize edilmiş eşbütünleşme vektörü (β)

Değişken	Katsayı (β)	Standart Hata	t-ist.*
LN_RPUS	1.00		
LN_RPTR	0.96	0.14	6.84***
LN_RPIR	-1.78	0.23	-7.83***
C	-0.42		

Çizelge 6'daki kısa dönem sonuçlar, ülkeler arası doğrudan fiyat geçişkenliğinin zayıf olduğunu, buna karşılık dışsal şokların Türkiye fiyatı üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. ABD denklemi kendi gecikmesine güçlü biçimde tepki vermektedir ($\Delta LN_RPUS(-1)=-0.43$, $p<0.01$); bu, ABD'de fiyat artışlarının bir sonraki dönemde kısmi düzeltme eğilimi sergilediğine işaret etmektedir. Türkiye denklemi açısından, petrol fiyatı (LN_ROIL=0.10, $p<0.05$) ve Türkiye reel kur göstergesi (LN_RFXTR=0.28, $p<0.01$) pozitif ve anlamlı katsayılara sahiptir; bu bulgu, kısa dönemde şok iletiminin petrol ve kur kanalıyla gerçekleştiğini teyit etmektedir. Ülkeler arası fiyatların gecikmeli etkileri genel olarak istatistiksel olarak zayıf bulunmuştur (ör., $\Delta LN_RPIR(-1) \rightarrow \Delta LN_RPTR$ katsayısı −0.35, $|t|\approx 1.65$ ile sınırdadır); İran denklemi tarafında ise hiçbir kısa dönem belirleyicinin anlamlı olmadığı görülmektedir. Düzey kuklası (DUMMY) kısa dönemde anlamlı bir etki üretmemektedir. Toplamda, kısa dönem dinamikleri sınırlı çapraz-piyasa aktarım ve dışsal şok duyarlılığı bulgusunu desteklemekte; uzun dönem uyumun (ECT) belirleyici olduğu entegrasyon yapısıyla tutarlılık arz etmektedir.

Çizelge 6. VECM Kısa-Dönem Dinamikleri

Değişken	ΔLN_RPUS	ΔLN_RPTR	ΔLN_RPIR
ΔLN_RPUS(-1)	-0.43*** (0.10) [-4.43]	0.15 (0.15) [1.01]	-0.10 (0.08) [-1.19]
ΔLN_RPTR(-1)	-0.09 (0.07) [-1.38]	-0.06 (0.10) [-0.57]	-0.06 (0.05) [-1.01]
ΔLN_RPIR(-1)	0.16 (0.14) [1.12]	-0.35 (0.21) [-1.65]	0.13 (0.12) [1.14]
Sabit (C)	0.79 (0.70) [1.12]	-0.94 (1.06) [-0.89]	0.01 (0.58) [0.02]
LN_ROIL	-0.01 (0.03) [-0.18]	0.10** (0.05) [2.01]	0.01 (0.03) [0.48]
LN_RFXTR	0.01 (0.07) [0.14]	0.28*** (0.10) [2.87]	-0.07 (0.05) [-1.33]
LN_RFXIR	-0.08 (0.06) [-1.19]	0.02 (0.10) [0.21]	0.00 (0.05) [0.02]
DUMMY	0.08 (0.05) [1.48]	-0.06 (0.08) [-0.70]	0.01 (0.04) [0.17]

-*, **, *** sırasıyla %10 , %5 ve %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Ayrıca verilerin genel sunumu katsayı (Std. Hata) [t-ist.] şeklindedir.

Modelde tek bir eşbütünleşme ilişkisinin (r=1) bulunması, uzun dönem Granger nedenselliği ve zayıf dışsallık analizinin α katsayılarının anlamlılığı üzerinden yapılmasına olanak tanımıştır. Zayıf dışsallık analizi, uzun dönem denge ilişkisinden bir sapma olduğunda, hangi değişkenin bu hatayı düzelttiğini (içsel), hangisinin ise bu sapmadan etkilenmediğini (zayıf dışsal) belirlemektedir. Test sonuçları, ABD Antep fıstığı piyasasının sistemde lider (zayıf dışsal) bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Çizelge 7). Bu değişkenin hata düzeltme katsayısı (α) istatistiksel olarak anlamsızdır (t=-0.19), bu da ABD fiyatlarının uzun dönemdeki denge bozulmalarından etkilenmediğini ve dengeye uyum sağlama yönünde bir tepki vermediğini göstermektedir. Buna karşın, Türkiye ve İran piyasaları içsel bulunmuştur. Özellikle Türkiye fiyatları, istatistiksel olarak güçlü ve teorik olarak beklentilerle uyumlu negatif bir α katsayısına sahiptir (α = -0.52). Bu bulgu, Türkiye piyasasının uzun dönemdeki dengesizlikleri düzelten ana ayarlayıcı mekanizma olduğunu ve bir önceki dönemdeki sapmanın yaklaşık %52'sini tek başına düzelterek dengeye güçlü bir şekilde yakınsadığını göstermektedir. İran piyasası da istatistiksel olarak anlamlı bir α katsayısıyla içsel bir yapı sergilemekle birlikte, katsayının pozitif işareti, dengeye uyum sürecinin daha karmaşık dinamikler içerdiğine işaret etmektedir. Toplamda, bu bulgular ABD piyasasının fiyat keşfinde lider olduğunu, Türkiye ve İran piyasalarının ise onu takip ettiğini göstermektedir. Brent petrol fiyatı ve reel döviz kuru (RER) değişkenleri modelde dışsal olarak tanımlandığı için, bu analiz onların dengeye uyum mekanizmasını kapsamamaktadır.

Çizelge 7. Fiyat değişkenleri açısından zayıf dışsallık testi

Değişken	α (ECT)	Standart Hata	t-ist.	Yorum
LN_RPUS	-0.01	0.07	-0.19	Zayıf dışsal (lider)
LN_RPTR	-0.52	0.10	-5.14***	İçsel (ayarlayan)
LN_RPIR	0.12	0.06	2.16**	İçsel (ayarlayan)

Çizelge 8'in kısa dönem blok-Wald bulguları, ülkeler arası doğrudan fiyat geçişkenliğinin zayıf olduğunu göstermektedir. Sadece İran→Türkiye yönünde sınırda bir etki saptanmaktadır (χ^2=2.709, df=1, p≈0.10); buna karşılık her üç denklem için "All" testlerinin anlamsız çıkması, kısa dönemde ABD, Türkiye ve İran fiyatlarının birbirinin gecikmelerinden ortaklaşa etkilenmediğini ve geçişimin sınırlı kaldığını göstermektedir.

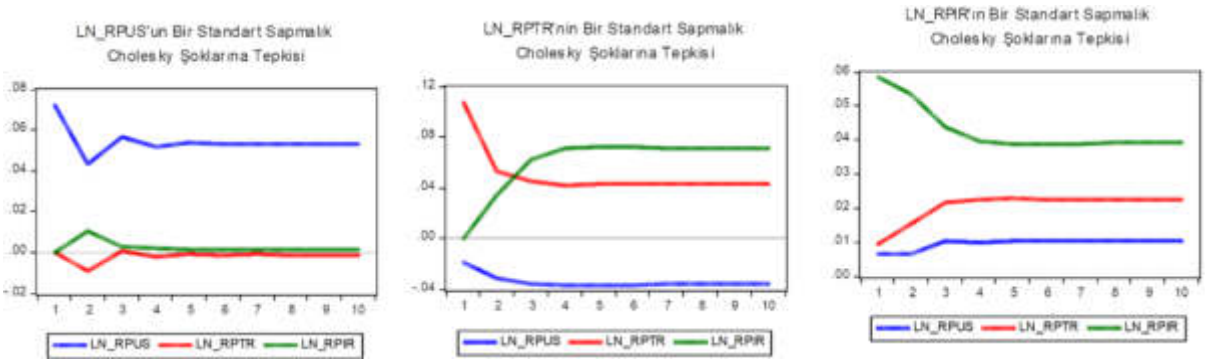
Bu sonuç, kısa vadede fiyat oluşumunun piyasa-içi dinamikler ve dışsal şoklar (ör., petrol ve RER) tarafından belirlendiği; entegrasyonun esasen hata-düzeltme kanalıyla uzun dönemde ortaya çıktığı bulgusu ile tutarlıdır.

Çizelge 8. Kısa ve uzun dönem VECM nedensellik sonuçları

Bölüm	Nedenselliğin Yönü / ECT	χ^2	df	p	α (ECT)	t-ist.	Karar
Kısa dönem (blok Wald)	ΔLN_RPIR → ΔLN_RPTR	2.7092	1	0.0998*	-	-	İran → Türkiye kısa dönem iletimi zayıf/ sınırda
	All (RPUS denklemi)	2.6864	2	0.2610	-	-	Anlamlı değil
	All (TR denklemi)	3.2330	2	0.1986	-	-	Anlamlı değil
	All (IR denklemi)	2.1213	2	0.7500	-	-	Anlamlı değil
Uzun dönem (ECT)	ECT → ΔLN_RPUS	-	-	-	-0.0125	-0.1858	ABD uzun dönemde ayarlamıyor (α anlamsız) → lider.
	ECT → ΔLN_RPTR			-	-0.5225	-5.1402***	Türkiye uzun dönemde güçlü ayarlıyor
	ECT → ΔLN_RPIR	-	-	-	0.1204	2.1642**	İran uzun dönemde ayarlıyor

-Uzun dönem nedensellik Hata Düzeltme Teriminin (ECT) α katsayısının t-testi ile, kısa dönem nedensellik ise Wald testinin Ki-Kare (χ^2) istatistiği ile sınanmıştır. *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Şekil 1, VECM(2; r=1) modeli üzerinden üretilen bir standart sapmalık yapısal şoklara verilen kısa dönemli tepkileri göstermektedir. ABD fiyat şokunun sistem geneline yayılımı sınırlıdır; ABD'nin kendi tepkisi hızla sönümlenirken, Türkiye ve İran fiyatları üzerinde istatistiksel olarak zayıf etkiler yaratmakta ve bu etkiler 3–4 ay içinde ortadan kalkmaktadır. Buna karşılık, Türkiye fiyat şoku en büyük sistemik etkiyi üretmektedir: ABD fiyatı belirgin biçimde aşağı yönlü, İran fiyatı ise yukarı yönlü tepki vermektedir. Bu işaret deseni, uzun dönem denkleminde ortaya konan ABD–Türkiye arasındaki negatif ve Türkiye–İran arasındaki pozitif bağ ile tam tutarlıdır ve etkiler orta vadede (yaklaşık 4–5 ay) durağanlaşmaktadır. İran fiyat şoku ise daha ılımlı etkilere yol açmakta ve hızla dengeye dönmektedir. Toplamda bulgular, kısa dönemde piyasalar arası geçişkenliğin sınırlı olduğunu, ancak Türkiye ve İran kaynaklı şokların yayılma gücünün ABD şokuna kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, blok-Wald testlerinde saptanan zayıf çapraz-piyasa etkileri ve uzun dönemde Türkiye ile İran'ın temel ayarlayıcılar olduğu entegrasyon yapısıyla da uyumludur.



Şekil 1: Etki-Tepki fonksiyonları analizi

Tahmin edilen VECM'in tanısal test sonuçları (Çizelge 9), modelin istatistiksel varsayımları karşıladığını göstermektedir. LM testi artıklarda otokorelasyon olmadığını (p>0.10), Jarque-Bera testi ise normal dağılım varsayımının sağlandığını (p>0.10) teyit etmektedir. Değişen varyans sorununun da %5 anlamlılık düzeyinde mevcut olmadığı görülmektedir (p=0.10). Bu sonuçlar, VECM'in istatistiksel olarak sağlam olduğunu ve elde edilen bulguların güvenilirliğini desteklemektedir.

Çizelge 9. Tanısal testler

Otokorelasyon		Değişen Varyans		Normallik	
LM İstatistiği	Olasılık	Ki- Kare	Olasılık	Jarque-Bera	Olasılık
4.50	0.88	107.83	0.10	185.51	0.48
13.53	0.14				

TARTIŞMA

Bu çalışmanın ampirik bulguları, küresel Antep fıstığı pazarının üç ana aktörü arasında kısmi ancak asimetrik bir entegrasyon yapısı olduğunu ortaya koymaktadır. Johansen testinin tek bir eşbütünleşme ilişkisi saptaması, Tek Fiyat Yasası'nın (LOP) zayıf bir formunun bu pazarda geçerli olduğuna işaret etmektedir. Bu durum, ürün farklılaştırmasına ve işlem maliyetlerine rağmen, ABD, Türkiye ve İran piyasalarının uzun dönemde ortak bir dengeye doğru yakınsadığını göstermektedir.

Analizin en merkezî bulgusu, bu entegrasyonun simetrik olmadığıdır. Zayıf dışsallık testi sonuçları, ABD piyasasının uzun dönemli denge parametreleri açısından lider (zayıf dışsal) olduğunu, yani küresel fiyat trendini belirlediğini ancak denge bozulmalarından etkilenmediğini net bir şekilde göstermektedir. Buna karşılık, Türkiye piyasası dengeye uyum sağlayan ana takipçi konumundadır. Hata düzeltme katsayısının ($\alpha = -0.52$) istatistiksel olarak güçlü ve teorik olarak beklentilerle uyumlu negatif işarete sahip olması, Türkiye piyasasının sistemdeki dengesizlikleri düzelten temel mekanizma olduğunu kanıtlamaktadır. Bu durum, Türkiye'nin coğrafi konumu ve pazar esnekliği sayesinde hem ABD hem de İran kaynaklı değişimlere karşı bir "tampon" veya "şok emici" rolü üstlendiğini göstermektedir. İran piyasası da içsel bir yapı sergilemekle birlikte, α katsayısının pozitif işareti, yaptırımların yarattığı maliyet artışları ve lojistik engeller nedeniyle dengeye uyum sürecinin karmaşık ve potansiyel olarak istikrarsız olduğuna işaret etmektedir. Bu, yaptırımların sadece ticaret akışlarını değil, aynı zamanda piyasaların temel fiyatlandırma ve uyum mekanizmalarını da bozabileceğini gösteren önemli bir bulgudur (Felbermayr et al., 2020).

Uzun dönemli eşbütünleşme vektörünün (β) yapısı, bu lider-takipçi hiyerarşisinin altında yatan rekabet dinamiklerini aydınlatmaktadır.

ABD ve İran fiyatları arasındaki güçlü pozitif ilişki (eş-hareket), bu iki büyük üreticinin benzer küresel talep koşullarından etkilendiğini düşündürürken, ABD ve Türkiye fiyatları arasındaki negatif ilişki, bu iki pazarın özellikle Avrupa gibi üçüncü pazarlarda rekabet ettiğine veya birbirleri için ikame niteliği taşıdığına işaret etmektedir. Bu bulgu, Antep fıstığı piyasasının homojen bir yapıdan uzak olduğunu ve menşe ülkeye bağlı fiyat farklılaşmasının önemini vurgulayan literatürle de uyumludur (Xu and Wang, 2014; Wilson et al., 2018).

Kısa dönem analizleri ise, uzun dönemdeki bu güçlü entegrasyonun aksine, piyasalar arası doğrudan fiyat geçişkenliğinin oldukça zayıf olduğunu göstermektedir. Bu durum, tarım piyasalarında yaygın olan vadeli sözleşmeler, stok yönetimi ve bilgi akışındaki gecikmeler gibi faktörlerle açıklanabilmektedir (Gökkaya ve Adanacıoğlu, 2016; Lundberg et al., 2021). Kısa dönemde fiyatları belirleyen ana unsurların, piyasaların kendi iç dinamikleri (örn. ABD fiyatının kendi gecikmesine olan tepkisi) ve dışsal maliyet şokları (petrol ve döviz kuru) olduğu görülmektedir. Özellikle Türkiye fiyatlarının petrol ve kur şoklarına karşı duyarlılığı, ülkenin enerji ithalatına bağımlılığını ve makroekonomik kırılganlıklarını yansıtmaktadır. Bu zayıf kısa dönemli etkileşim, piyasa entegrasyonunun anlık arbitraj fırsatlarından ziyade, temel olarak uzun dönemli hata düzeltme mekanizması aracılığıyla sağlandığını teyit etmektedir. Bu yapı, asimetrik fiyat geçişkenliği literatüründe belirtildiği gibi, yaptırımlar gibi büyük bir politika şokunun yarattığı rejim kaymasının, piyasanın simetrik işleyişini bozduğu hipotezini desteklemektedir (Meyer and von Cramon-Taubadel, 2004).

Son olarak, bu çalışmanın bulguları yorumlanırken bazı sınırlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Ürün farklılaşması ve kalite sınıfları, kullanılan İran serbest piyasa kurunun temsil gücü, Etki-Tepki Fonksiyonlarının Cholesky sıralamasına olan duyarlılığı ve modelin doğrusal bir ilişki varsayması, bu çalışmanın temel sınırlılıklarıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu bulguları yapısal kırılmaları daha esnek modelleyen veya doğrusal olmayan (non-linear) VECM gibi daha gelişmiş tekniklerle sınayarak literatüre daha fazla katkı sağlayabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, 2016-2024 döneminde küresel Antep fıstığı pazarının üç ana aktörü olan Türkiye, İran ve ABD'nin ihracat fiyatları arasındaki entegrasyonu, 2018 ABD yaptırım şokunu merkezine alarak VECM çerçevesinde analiz etmiştir. Bulgular, fiyatlar arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin (eşbütünleşme) varlığını teyit etmiş, bu entegrasyonun yapısı asimetrik olduğunu ortaya koymuştur. ABD piyasası, fiyat keşfinde lider (zayıf dışsal) bir rol üstlenirken, Türkiye piyasası, sistemdeki dengesizlikleri düzelten ana takipçi (içsel) konumunda yer almıştır. Uzun dönemde ABD-Türkiye fiyatları arasında rekabetçi bir ilişki, Türkiye-İran fiyatları arasında ise bir eş-hareket eğilimi gözlemlenmiştir. Kısa dönemli doğrudan fiyat geçişkenliği zayıfken, Türkiye fiyatlarının petrol ve döviz kuru gibi dışsal şoklara karşı duyarlı olduğu saptanmıştır. 2018 yaptırım şoku, bu denge ilişkilerinde bir yeniden hizalanmaya yol açarak Türkiye'nin göreli fiyat avantajını artırmıştır. Bu çalışma, büyük bir jeopolitik şokun, küresel bir tarım emtia pazarındaki entegrasyonun doğasını nasıl asimetrik hale getirebildiğini ampirik olarak göstererek literatüre katkı sağlamaktadır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, üç ülke için de pratiğe yönelik şu politika önerileri geliştirilebilir:

Türkiye için:

- Risk Yönetimi: Türkiye fiyatlarının kur ve enerji maliyetlerine olan yüksek duyarlılığı, fiyat istikrarı için bir risk teşkil etmektedir. İhracatçıların, endeksli sözleşmeler, opsiyonlar ve forward gibi türev araçları kullanarak kur ve enerji risklerinden korunmaları teşvik edilebilir.

- Verimlilik ve Pazar Çeşitlendirmesi: Türkiye'nin sistemdeki "şok emici" rolü, piyasa dalgalanmalarına karşı kırılganlığını artırabilmektedir. Enerji ve lojistik verimliliğini artıracak yatırımlar ve pazar portföyünü geleneksel pazarların (Avrupa, Orta Doğu) dışına taşıyacak stratejiler, bu kırılganlığı azaltacaktır.
- Rekabet Stratejisi: ABD ile olan rekabetçi ilişki göz önüne alındığında, Türkiye'nin fiyat rekabetinin ötesine geçerek coğrafi işaretli, organik veya yüksek katma değerli işlenmiş ürünlere odaklanması, pazar payını ve kârlılığını artırabilmektedir.

İran için:

- Alternatif Mekanizmalar: Yaptırımlar, İran'ın dengeye uyum mekanizmasını bozmaktadır. Bu koşullar altında, takas ticareti, üçüncü ülkeler üzerinden finansal işlemler ve alternatif lojistik rotaları gibi mekanizmaların geliştirilmesi, pazar erişimini sürdürmek için kritik öneme sahiptir.
- Fiyat Dışı Rekabet: Artan işlem maliyetleri nedeniyle fiyat rekabetinde dezavantajlı duruma düşen İranlı ihracatçıların, uluslararası standartlara ve kalite belgelendirmesine (örn. ISO, HACCP) yatırım yapması, marka bilinirliğini artırması ve hedef pazarlarda (örn. Çin, Hindistan) pazar derinliğini artırması önerilmektedir.

ABD için:

- Piyasa İstikrarı ve Öngörülebilirlik: ABD piyasasının lider rolü, bu piyasadaki politika ve gelişmelerin tüm sistem üzerinde belirleyici olduğu anlamına gelmektedir. Küresel pazarın istikrarı için, ABD'nin şeffaf piyasa bilgisi sağlaması ve öngörülebilir bir ticaret politikası izlemesi önemlidir.
- Ticaret Engellerinin Azaltılması: Bulgular, rakip piyasalar arasında karmaşık rekabet ve eş-hareket dinamikleri olduğunu göstermektedir. Ayrıştırıcı ticaret engellerinin ve tarife dışı bariyerlerin azaltılması, tüm aktörler için daha verimli ve istikrarlı bir küresel pazar entegrasyonunu destekleyecektir.

KAYNAKLAR

Afesorgbor, S. K., Kornher, L., & Santeramo, F. G. (2025). The impacts of economic sanctions on food (prices) security: evidence from targeted countries. *The World Economy, 48*(8), 1942-1956.

Akkaya, D. (2020). Uluslararası anlaşmalarda hukuken bağlanma kastının tespiti: kapsamlı ortak eylem planı özelinde bir inceleme. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 75*(3), 1145-1170.

American Pistachio Growers. (2021). *American pistachio industry 2021 annual report*. https://apgpower.americanpistachios.org/wp-content/uploads/2023/01/APG-2021-Annual-Report-PDF.pdf Erişim tarihi: 13 Eylül 2025

Avetisyan, M. G., & Lektzian, D. (2024). The effect of economic sanctions on domestic production, trade and transportation of sanctioned goods. In *Urban economics, real estate, transportation and public policy* (ss. 197-230).

Aydoğan, M., & Gündüz, O. (2023). Exploring the causal relationship among trout production, price and subsidy in Türkiye. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 26*(3), 650-663.

Baş, G., & Kara, M. (2020). Exchange rate and import prices' pass-through on the consumer prices: evidence from the Turkish economy. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 8*(2), 115-125.

Brown, R. L., Durbin, J., & Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B, 37*(2), 149–163.

Brunke, H., Alston, J. M., Gray, R. S., & Sumner, D. A. (2004). Industry-mandated testing to improve food safety: the new US marketing order for pistachios. *Agrarwirtschaft: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik, 53*(8), 334-343.

Damba, O. T., Birinci, A., & Bilgiç, A. (2019). Estimation of short and long-run relationship between selected food prices and macroeconomic variables in Ghana. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50*(1), 92-105.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica, 49*(4), 1057–1072.

Doğan Öz, B. (2022). *Siirt fıstığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin sürdürülebilirliğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma* [Doktora tezi, Ege Üniversitesi].

Ertürk, Y. E., Geçer, M. K., Gülsoy, E., & Yalçın, S. (2015). Antepfıstığı üretimi ve pazarlaması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5*(2), 43-62.

FAO. (2025). Food and agriculture data, https://www.fao.org/faostat/en/#home, Erişim tarihi: 12 Eylül 2025

Felbermayr, G., Kirilakha, A., Syropoulos, C., Yalcin, E., & Yotov, Y. V. (2020). The global sanctions data base. *European Economic Review, 129*, 103561.

Gökkaya, G. S., & Adanacıoğlu, H. (2016). Hayvancılıkta vadeli işlem ve opsiyon piyasaları: Türkiye açısından bir değerlendirme. *Tarım Ekonomisi Dergisi, 22*(2), 77-86.

Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society, 37*(3), 424-438.

Gutiérrez, C. E. C. (2007). *Selection of optimal lag length in cointegrated VARs models with common cyclical features*. Banco Central do Brasil.

Ha, J., Kose, M. A., & Ohnsorge, F. (2023). *One-stop source: a global database of inflation* (Policy Research Working Paper No. 9737). World Bank.

Hatzenbuehler, P. L., Abbott, P. C., & Foster, K. A. (2016). Agricultural commodity prices and exchange rates under structural change. *Journal of Agricultural and Resource Economics, 41*(2), 204-224.

Hilmi, M. (2011). *A rapid supply chain appraisal of Iranian pistachio*. FAO. https://www.researchgate.net/publication/363469163_A_rapid_supply_chain_appraisal_of_Iranian_pistachio, Erişim tarihi: 13Eylül 2025

Intracen. (2025). *Trade statistics*. https://www.intracen.org/resources/data-and-analysis/trade-statistics Erişim tarihi: 12 Eylül 2025

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control, 12*(2–3), 231–254.

Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 52*(2), 169–210.

Kinnucan, H. W., & Forker, O. D. (1987). Asymmetry in farm-retail price transmission for major dairy products. *American Journal of Agricultural Economics, 69*(2), 285-292.

Kokabisaghi, F. (2018). Assessment of the effects of economic sanctions on Iranians' right to health by using human rights impact assessment tool: a systematic review. *International Journal of Health Policy and Management, 7*(5), 374-393. https://doi.org/10.15171/ijhpm.2017.147

Kotil, E. (2020). Exchange rate pass-through investigation for Turkish economy. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics, 5*, 66. https://doi.org/10.3389/fams.2019.00066

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics, 54*(1–3), 159–178.

Lajdova, Z., & Bielik, P. (2015). The evidence of asymmetric price adjustments. *Agricultural Economics (Zemědělská Ekonomika), 61*(3), 105-115.

Lundberg, C., Skolrud, T., Adrangi, B., & Chatrath, A. (2021). Oil price pass through to agricultural commodities. *American Journal of Agricultural Economics, 103*(2), 721-742.

Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer.

Meyer, J., & von Cramon-Taubadel, S. (2004). Asymmetric price transmission: a survey. *Journal of Agricultural Economics, 55*(3), 581-611.

Muwanga, G. S., & Snyder, D. L. (1999). *Market integration and the law of one price: an empirical comparison of alternative estimation approaches* (Economics Research Institute Study Paper, 22).

Öztep, R., & Işın, F. (2023). ARMA modeli ile Türkiye antep fıstığı üretimi tahmini. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 26*(4), 878-887.

Pakravan, M. R., & Kavoosi Kalashami, K. M. (2011). Future prospects of Iran, US and Turkey's pistachio exports. *International Journal of Agricultural Management & Development, 1*(3), 181-188.

Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika, 75*(2), 335–346.

Rapsomanikis, G., Hallam, D., & Conforti, P. (2003). Market integration and price transmission in selected food and cash crop markets of developing countries: review and applications. In *Commodity Market Review 2003–2004* (ss. 51–75). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

SBB. (2025). T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, https://www.sbb.gov.tr/ Erişim tarihi: 10 Eylül 2025

Shao, L., Wang, D., & Wu, X. (2022). Competitive trading in forward and spot markets under yield uncertainty. *Production and Operations Management, 31*(9), 3400-3418.

StataCorp. (2025). *Stata 19 time-series reference manual*. Stata Press. https://www.stata.com/manuals/ts.pdf

Tappata, M. (2009). Rockets and feathers: understanding asymmetric pricing. *The RAND Journal of Economics, 40*(4), 673–687.

Tayyar, A. E. (2021). Elektrik üretimi-ekonomik büyüme-çevre kirliliği: Türkiye için VECM analizi. *Sosyoekonomi, 29*(47), 267-284.

Tgju. (2025). https://www.tgju.org/ . Erişim tarihi: 10 Eylül 2025

von Cramon-Taubadel, S., & Goodwin, B. K. (2021). Price transmission in agricultural markets. *Annual Review of Resource Economics, 13*(1), 65-84.

Wilson, J. S., Petino, G., & Knudsen, D. C. (2018). Geographic context of the green pistachio of Bronte, a protected designation of origin product. *Journal of Maps, 14*(2), 144-150.

World Bank. (2025). Commodity Markets, https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets Erişim tarihi: 10 Eylül 2025

Xu, P., & Wang, Z. (2014). Country of origin and willingness to pay for pistachios: a chinese case. *Agricultural and Food Economics, 2*(1), 14.

Xu, P., Lone, T., & Torres, N. (2022). Market integration and price discovery in California's almond marketing: a vector auto-regressive (VAR) approach. *International Journal of Business and Management, 17*(9), 43.

Yang, J., Bessler, D. A., & Leatham, D. J. (2000). The law of one price: developed and developing country market integration. *Journal of Agricultural and Applied Economics, 32*(3), 429–440. https://doi.org/10.1017/S107407080002054X

Yavuz, M. A., Yıldırım, H., & Onay, A. (2016). Dünya antepfıstığı üretiminde son on yılın değerlendirilmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 6*(2/2), 22-31.

Yurttançıkmaz, Z. Ç., Ahmid, F. A., Öndeş, T., & Karcıoğlu, R. (2020). The impact of oil prıce and exchange rate on agricultural commodity prices: evidence from Turkey. *GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics, 3*(1), 1-15.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

BUĞDAY BİTKİ SU TÜKETİMİNİN UYDU TABANLI İZLENMESİ

Dr. Ayşe AKYÜZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
ORCID: 0009-0002-0612-4787

ÖZET
Artan dünya nüfusu ile su talebinin artmasına karşın mevcut kaynaklarımızın sınırlı olması suyun etkin kullanımının önemini gözler önüne sermektedir. Ülkemizde suyun %77'si tarım sektöründe, %23'ü ise içme-kullanma ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Sektörler arası rekabeti vurgulayan bu veriler tarımda su kullanımının daha bilinçli olması gerektiğini göstermektedir. Tarımsal sulamada yeni teknolojilerin kullanılması bu kapsamda büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Şanlıurfa Ceylanpınar tarım arazilerinde buğday bitkisinin 2024 yılı yetiştirme sezonu boyunca Landsat 8 ve 9 uydu görüntüleri kullanılarak buğday bitkisinin su kullanımını tahminlemek amacıyla SEBAL modeli uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 2024 sezonunda buğday bitkisi su tüketim değerlerinin 0.54 mm ile 7.47 mm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Uydu görüntülerinden elde edilen veriler ile hesaplanan su tüketim değerleri, TAGEM tarafından geliştirilen SU-ET yazılımıyla karşılaştırılarak sonuçların tutarlılığı değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları uydu görüntüleri ile yapılan ET tahminlerinin buğday bitkisi için uygulanabilirliğini doğrular niteliktedir. Yapılan çalışma, su kaynaklarının ve zamanın tasarrufu adına büyük önem taşırken aynı zamanda mevcut su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir tarımsal üretim adına umut verici bir gelişme olarak değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Buğday, Bitki Su Tüketimi, Landsat, SEBAL

SATELLITE-BASED MONITORING OF WHEAT WATER CONSUMPTION

ABSTRACT
With the increasing global population and rising demand for water, the limited availability of current water resources highlights the critical importance of efficient water use. In Turkey, 77% of water resources are utilized in the agricultural sector, while the remaining 23% are used for domestic and industrial purposes. These figures underline the intersectoral competition for water and emphasize the need for more conscious water use in agriculture. In this context, the adoption of new technologies in agricultural irrigation becomes increasingly important. This study applied the SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) model to estimate the water consumption of wheat crops during the 2024 growing season in the Ceylanpınar agricultural area of Şanlıurfa, using Landsat 8 and 9 satellite imagery. As a result, the wheat crop's water consumption during the 2024 season was determined to range between 0.54 mm and 7.47 mm. The evapotranspiration (ET) values calculated from satellite imagery were compared with results obtained from the SU-ET software developed by TAGEM, and the consistency between the datasets was evaluated. The findings confirm the applicability of ET estimations derived from satellite imagery for wheat cultivation. This study holds significant value in terms of saving both water resources and time, while also representing a promising development for the preservation of existing water resources and sustainable agricultural production.
Keywords: Wheat, Crop Water Consumption, Landsat, SEBAL

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

KESTANEDE SU BASKINI KOŞULLARINDA STRES TEPKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE YAPAY ZEKÂ YAKLAŞIMLARI

Dr. Öğr. Üyesi Burak AKYÜZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7356-776X

Dr. Ayşe AKYÜZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
ORCID: 0009-0002-0612-4787

ÖZET
Bu çalışmada, 'Macit 55' ve 'Akyüz' hibrit kestane (*Castanea* spp.) çeşitlerinin su baskını stresine karşı fizyolojik tepkilerini araştırmılmıştır. Deneme; kontrol grubu (su baskını uygulanmayan), salisilik asit (SA) uygulanmayan su baskını grubu ve salisilik asit (SA) uygulanan su baskını grubundan oluşmuştur. Çalışma, 2025 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi sera ünitesinde beş hafta süreyle yürütülmüştür. Bitki boyu ve klorofil içeriği (SPAD) 30 Haziran, 14 Temmuz ve 28 Temmuz tarihlerinde ölçülmüştür. Ayrıca toplanan örnekler üzerinden relatif su içeriği (RWC) ve elektrolit sızıntısı (EL) belirlenmiştir. Su baskını, bitki gelişiminde, RWC ve SPAD değerlerinde önemli düşüşlere yol açarken, EL değerlerini artırmış ve hücresel zar hasarına yol açmıştır. Salisilik asit (SA), relatif su içeriği (RWC) ve SPAD değerlerini arttırarak su baskınının bazı olumsuz etkilerini azaltmıştır. Fizyolojik değerlendirmelere ek olarak, RWC ve EL değerlerini tahmin etmek amacıyla makine öğrenmesi modelleri test edilmiştir. Extreme Gradient Boosting (XGBoost), Multilayer Perceptron (MLP), Gaussian Process Regression (GPR) ve Random Forest (RF) modelleri test edilmiştir. Gaussian Process Regression (GPR) ve Random Forest (RF), RWC tahminlerinde en yüksek doğruluğu göstermiştir (R^2 = 0.93 ve RMSE 2.67-2.68). EL için ise en yüksek doğruluk GPR modelinden elde edilmiştir (R^2 = 0.96, RMSE = 2.60). Makine öğrenmesi yaklaşımları, stres koşullarında fizyolojik özellikler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri kestanede başarıyla tahmin ederek bitki stres araştırmalarında öngörücü araçlar olarak potansiyelini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, salisilik asidin (SA) kestanede su baskını toleransını artırmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca fizyolojik verilerin makine öğrenmesi modelleri ile birleştirilmesi, bitki stres yanıtlarının değerlendirilmesinde pratik bir yaklaşım sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: *Castanea* spp., salisilik asit, yapay zekâ, relatif su içeriği, elektrolit sızıntısı

AI APPROACHES FOR ASSESSING STRESS RESPONSES OF CHESTNUT UNDER WATERLOGGING

ABSTRACT
This study investigated the physiological responses of 'Macit 55' and 'Akyüz' hybrid chestnut (*Castanea* spp.) cultivars to waterlogging stress. The experiment consisted of a control group (under non-waterlogged conditions), a waterlogged group without salicylic acid (SA), and a waterlogged group treated with salicylic acid (SA). This study was conducted for five weeks in 2025 at the greenhouse unit of Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture. Plant height and chlorophyll content (SPAD) were measured on June 30, July 14, and July 28.

Relative water content (RWC) and electrolyte leakage (EL) were also determined based on the collected samples. Waterlogging caused significant reductions in plant growth, RWC, and SPAD, while EL increased, indicating cellular membrane damage. Salicylic acid (SA) decreased some adverse effects of waterlogging by maintaining higher relative water content (RWC) and SPAD values. In addition to physiological evaluations, machine learning models were applied to predict RWC and EL. Extreme Gradient Boosting (XGBoost), Multilayer Perceptron (MLP), Gaussian Process Regression (GPR), and Random Forest (RF) MLP and ML models were tested. Gaussian Process Regression (GPR) and Random Forest (RF) provided the most accurate RWC predictions, achieving an R^2 of 0.93 and an RMSE between 2.67 and 2.68. In the case of EL, GPR outperformed the other models with the highest accuracy (R^2 = 0.96, RMSE = 2.60). Machine learning approaches effectively captured the nonlinear relationships among physiological traits under stress, demonstrating their potential as predictive tools in plant stress research. These results indicate that salicylic acid (SA) is important in improving chestnut waterlogging tolerance. Moreover, combining physiological data and machine learning models provides a practical approach for evaluating plant stress responses.

Keywords: *Castanea* spp., salicylic acid, machine learning, relative water content, electrolyte leakage

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ŞİRKET DEĞERLEME SÜREÇLERİNDE KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARININ İNCELENMESİ

Yağmur ATEŞ
Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği (Tezli)
ORCID: 0000-0002-3637-0586

Doç.Dr. Ülviye HACIZADE
Haliç Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
ORCID: 0000-0002-0073-996X

ÖZET

Şirket değerleme süreçleri, sermaye piyasalarının işleyişinde hem yatırımcıların karar alma mekanizmaları hem de finansal kurumların kredi tahsis süreçleri açısından belirleyici bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, geleneksel değerleme yaklaşımları çoğunlukla doğrusal varsayımlar ve sınırlı parametreler üzerine inşa edilmiştir. Bu durum, ekonomik dalgalanmaların yoğunlaştığı ve finansal verilerin giderek karmaşıklaştığı günümüz koşullarında, tahminlerin güvenilirliğini ve esnekliğini azaltmaktadır. Bu bağlamda makine öğrenmesi (ML) algoritmaları, doğrusal olmayan ilişkileri modelleme, büyük veri setlerinden anlamlı desenler çıkarma ve dinamik piyasa koşullarına uyum sağlama kabiliyetleriyle şirket değerlemesine yönelik daha etkin çözümler sunmaktadır.

Makine öğrenmesi ve yapay zekâ, finans alanında giderek artan bir şekilde kullanılmakta; kredi risk analizinden portföy optimizasyonuna, finansal başarısızlık tahmininden türev ürün fiyatlamasına kadar geniş uygulama alanlarına yayılmaktadır. Ancak literatürde, şirket değerlemesi özelinde yapılan çalışmaların görece sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, ML algoritmalarının değerleme süreçlerindeki kullanımını inceleyen araştırmaları sistematik biçimde incelemektedir.

İncelenen çalışmaların önemli bir bölümü, hisse senedi getirilerinin sınıflandırılması ve şirket değerlerinin tahmini üzerinde yoğunlaşmaktadır. Örneğin, Yapay Sinir Ağları (YSA) en yaygın kullanılan yöntem olarak öne çıkmakta ve farklı dönemlerde farklı piyasalarda test edilmiştir. Bunun yanında, lojistik regresyon, destek vektör makineleri, karar ağaçları, rastgele orman, boosting algoritmaları ve adaptif bulanık sistemler (ANFIS) gibi çeşitli teknikler de uygulanmıştır. Araştırmalarda kullanılan bağımsız değişkenler genellikle finansal oranlar, muhasebe verileri, makroekonomik göstergeler ve piyasa endekslerinden oluşurken; bağımlı değişkenler hisse getirileri, piyasa değeri ya da firma performans ölçütleri olmuştur.

Çalışmalardan elde edilen bulgular, ML algoritmalarının geleneksel istatistiksel yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk oranlarına ulaştığını ortaya koymaktadır. Özellikle YSA, şirket değerlemesi ve yatırım kararları açısından güçlü bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, mevcut bilimsel çalışmaların değerlendirilmesi, daha geniş veri setlerinin kullanılması, farklı algoritmaların karşılaştırılması ve hibrit modellerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, makine öğrenmesi şirket değerlemesinde önemli bir alternatif yaklaşım olarak öne çıkmakta; ancak farklı piyasa koşullarını kapsayan daha fazla ampirik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Şirket Değerlemesi, Finansal Tahminleme.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

REVIEW OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS USED IN CORPORATE VALUATION

ABSTRACT

Company valuation processes play a decisive role in the functioning of capital markets, both in the decision-making mechanisms of investors and in the credit allocation processes of financial institutions. However, traditional valuation approaches are predominantly built upon linear assumptions and limited parameters. In today's environment, characterized by increasing financial complexity and intense economic fluctuations, such approaches reduce the reliability and flexibility of forecasts. In this context, machine learning (ML) algorithms provide more effective solutions for company valuation, with their ability to model nonlinear relationships, extract meaningful patterns from large datasets, and adapt to dynamic market conditions.

Machine learning and artificial intelligence have been increasingly utilized in the field of finance, ranging from credit risk analysis to portfolio optimization, financial failure prediction, and derivative pricing. Nevertheless, the literature indicates that studies specifically focusing on company valuation remain relatively limited. This study systematically reviews research that examines the application of ML algorithms in valuation processes.

A significant portion of the reviewed studies focuses on the classification of stock returns and the prediction of company values. For instance, Artificial Neural Networks (ANNs) have emerged as one of the most widely used methods, empirically tested across different time periods and financial markets. In addition, techniques such as logistic regression, support vector machines, decision trees, random forests, boosting algorithms, and adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) have also been employed. The independent variables in these studies typically consist of financial ratios, accounting data, macroeconomic indicators, and market indices, while the dependent variables have been stock returns, market value, or firm performance measures.

The findings of the reviewed research demonstrate that ML algorithms achieve higher levels of accuracy compared to traditional statistical methods. In particular, ANNs stand out as a powerful method for company valuation and investment decision-making. However, the assessment of existing studies highlights the need for broader datasets, comparative analyses of different algorithms, and the development of hybrid models.

In conclusion, machine learning represents a significant alternative approach to company valuation; nevertheless, further empirical studies covering diverse market conditions are required.

Keywords: Machine Learning, Corporate Valuation, Financial Forecasting.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

İNSANSIZ YÜZEY ARAÇ SİSTEMLERİNDE HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ VE DONANIM ALTYAPISINDA MEVCUT DURUM VE GELECEK YÖNELİMLER

Hüseyin DURAN
Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksekokulu Elmalı
ORCID: 0000-0002-9006-9540

ÖZET
İnsansız Yüzey Araçları (İYA), uzaktan kumandalı veya otonom hareket edebilen, insan olmadan görev yapabilen su üstü sistemlerdir. İYA teknolojileri, denizcilik ve deniz mühendisliği alanında son yıllarda giderek artan bir ivmeyle gelişmektedir. Haberleşme altyapısından enerji yönetimine, sensör entegrasyonundan yapay zekâ tabanlı otonomiye kadar geniş bir yelpazede ilerlemeler, bu araçların operasyonel kabiliyetlerini önemli ölçüde artırmıştır. Çalışmada İYA'larda kullanılan haberleşme yöntemleri ile bu yöntemlerin donanımsal bileşenlerini bütüncül ve karşılaştırmalı olarak irdelemektedir. Deniz ortamında İYA'lar temel olarak kontrol istasyonı ile haberleşmektedir. Bunun dışında üzerindeki su parametresi ölçüm sistemi, çöp toplama sitemi gibi bölümler ile yapılan haberleşme de bulunmaktadır. Bu haberleşme şekli genel olarak kablolu olup çalışmada yanlızca kontrol paneli ile gerçekleşen kablosuz haberleşme yöntemleri ele alınmıştır. Deniz ortamının zorlu koşulları göz önüne alındığında, İYA'larda RF haberleşme ve hücresel ağlar gibi çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Özellikle Bluetooth, Wi-Fi, 3DR Radio, LoRa, XBee gibi RF ve GSM, 3G, 4G/LTE ve 5G hücresel tabanlı sistemlerin avantaj, dezavantaj ve kullanım alanlarını karşılaştırmaktadır. Ayrıca farklı haberleşme teknolojilerinin birlikte kullanıldığı hibrit sistemlerin önemi vurgulanmıştır. Gelecek yönelimleri arasında yapay zekâ destekli otonomi, 5G/6G teknolojileri, filo operasyonları gibi konular ele alınarak, İYA'ların çok geniş bir uygulama yelpazesinde üstleneceği stratejik roller tartışılmaktadır. Bu çalışma İYA haberleşme sistemlerinin mevcut durumunu değerlendirerek, gelecek nesil yüzey araçların tasarımına yönelik katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: İnsansız Yüzey Araçları (İYA), kablosuz haberleşme, RF haberleşme, hücresel ağlar, hibrit iletişim sistemleri,

CURRENT STATUS AND FUTURE TRENDS IN COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND HARDWARE INFRASTRUCTURE IN UNMANNED SURFACE VEHICLE SYSTEMS

ABSTRACT
Unmanned Surface Vehicles (USVs) are surface systems that can move remotely or autonomously, and can operate without humans. USV technologies have been developing with increasing momentum in the field of marine and marine engineering in recent years. Advances in a wide range from communication infrastructure to energy management, from sensor integration to artificial intelligence-based autonomy have significantly increased the operational capabilities of these vehicles. In this study, the communication methods used in USVs and the hardware components of these methods are examined holistically and comparatively. In the marine environment, USVs basically communicate with the control station. Apart from this, there is also communication with departments such as water parameter measurement system and garbage collection system. This form of communication is generally wired, and in the study, only wireless communication methods with the control panel are discussed.

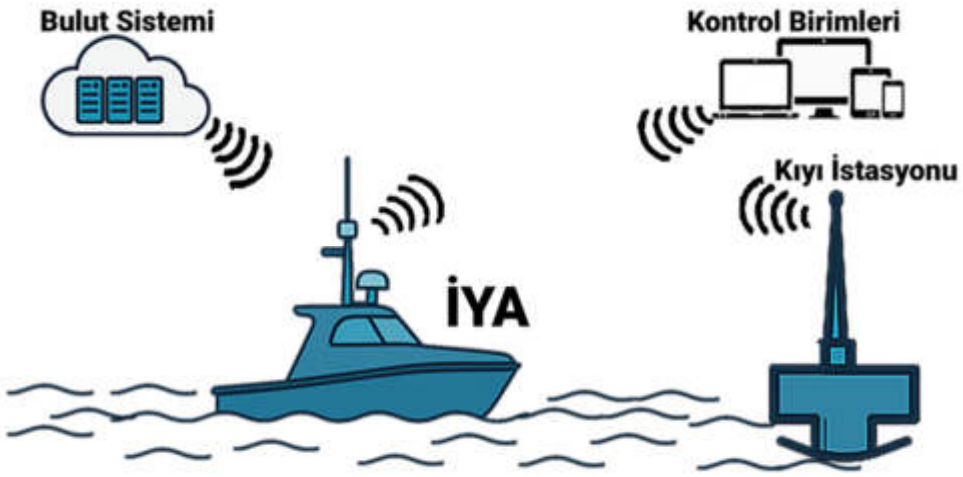
Given the harsh conditions of the marine environment, various technologies such as RF communication and cellular networks are used in UTIs. In particular, it compares the advantages, disadvantages and usage areas of RF and GSM, 3G, 4G/LTE and 5G cellular-based systems such as Bluetooth, Wi-Fi, 3DR Radio, LoRa, XBee. In addition, the importance of hybrid systems in which different communication technologies are used together is emphasized. Future trends include artificial intelligence-supported autonomy, 5G/6G technologies, fleet operations, and the strategic roles of USVs in a wide range of applications. This study evaluates the current status of USV communication systems and contributes to the design of next generation surface vehicles.
Keywords: Unmanned Surface Vehicles (USV), wireless communication, RF communication, cellular networks, hybrid communication systems,

GİRİŞ

Denizcilik alanında hızlı bir teknolojik gelişim süreci yaşayan İnsansız Yüzey Araçlarının (İYA), etkin, güvenilir ve otonom şekilde görev yapabilmesinde en kritik unsurlardan biri, haberleşme sistemlerinin performansıdır. Haberleşme sistemleri aracın kontrol ünitesinden görev komutlarını alması, gerçek zamanlı konum ve sensör verilerini kıyı istasyonuna iletmesi, görev sırasında oluşabilecek acil durumlara anında müdahale edilmesi gibi operasyonel durumların yönetilmesini sağlar.

Deniz ortamının zorlu ve değişken koşulları haberleşme sistemlerinin tasarımında özel mühendislik yaklaşımlarını zorunlu kılmaktadır. Dalga hareketlerinin anten hizalamasına olan olumsuz etkileri, atmosferik koşulların sinyal kalitesi üzerindeki rolü ve uzun mesafeli iletişim gereklilikleri gibi durumlar kullanılacak haberleşme yönteminin seçiminde etkilidir. Ayrıca İYA için geliştirilen kontrol birimlerinin yapısı kıyı istasyonu, bulut sistemi ya da kontrol birimine göre de değişiklik göstermektedir (Şekil 1). Bu nedenle İYA'larda farklı görev ihtiyaçlarına ve menzil gereksinimlerine uygun olarak RF haberleşme ve hücresel ağlar gibi çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır.

Haberleşme teknolojilerinin sadece teorik özellikleri değil, aynı zamanda sahada test edilmiş donanımsal bileşenleri ve bu bileşenlerin görev senaryolarındaki performansları da kritik öneme sahiptir. Farklı frekans bantları, veri aktarım hızları, enerji tüketimleri ve anten yapılandırmaları sistemin görev başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışma, İYA'larda kullanılan haberleşme yöntemleri ve donanımsal bileşenleri olarak inceleyerek, literatürdeki kullanım örnekleri ve teknik özellikleri karşılaştırmalı olarak sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 1: İYA'da kullanılan haberleşme bağlantıları

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Radyo Frekansı (RF) Haberleşme

RF tabanlı haberleşme teknolojileri İYA' da kullanılan en temel sistemlerdir. RF haberleşme, elektromanyetik dalgalar aracılığıyla verinin iletilmesine dayanır ve genellikle görüş hattı gereksinimi olan kısa ve orta menzilli iletişim çözümlerini kapsar. Düşük gecikme süresi, düşük güç tüketimi ve görece basit donanım entegrasyonu sayesinde İYA'ların prototip, test ve operasyonel görevlerinde yaygın olarak tercih edilir. Kullanılan frekans bandı, modülasyon yöntemi, anten tipi, iletim gücü ve ortam koşulları gibi birden fazla parametreye sistemin kalitesini etkilemektedir. Yalnızca yönetim sinyallerinin iletiminde değil, aynı zamanda sensör verilerinin aktarımı ve kısa menzilli veri senkronizasyonu gibi kritik işlevlerde de etkin rol almaktadır.

RF haberleşme teknolojileri kendi içinde farklı türlerde yapılabilmektedir. Bu çalışmada Bluetooth, Wi-Fi, 3DR Radio, LoRa ve XBee teknolojileri değerlendirilecektir.

2.4 GHz ISM bandında çalışan Bluetooth, düşük güç tüketimli ve kısa menzilli bir iletişim standardıdır. İYA'larda genellikle kısa mesafeli sensör verisi aktarımı veya bakım ve konfigürasyon işlemleri sırasında kullanılır. EMAC-USV platformunda veri kaydedicisi için Bluetooth ve GPRS modem içeren bir iletişim modülü bulunurken, EMAC Monitor adlı Android uygulamasının sensör verilerini ve yol planlamasını görselleştirmek için Bluetooth üzerinden kullanıldığı belirtilmiştir. Bluetooth iletişim menzili 50 metre olarak verilmiştir (Vargas vd. 2023). MF-USV adlı bir İYA, uzaktan insan-makine arayüzü ile düşük güçlü veri iletimi için iki adet HC-08 Bluetooth kablosuz modülü kullanmakta olup, aracın hareket yörüngesi, su pH değerleri ve su örnekleme konumları gibi algılama verilerini gerçek zamanlı olarak iletmektedir (Chang vd. 2021).

RF haberleşmenin yüksek veri hızı sunan bir alt kategorisi Wi-Fi'dir. Yaygın olarak 2.4 GHz veya 5 GHz bandında çalışır. İYA'larda, yüksek bant genişliği gerektiren video aktarımı veya çok uzak olmayan görevler sırasında tercih edilir. Wi-Fi, İYA'ya monte edilmiş kameralardan gerçek zamanlı video akışı sağlamak ve kamera hareketini uzaktan kontrol etmek için kullanılmıştır (Xing vd. 2020, Dsouza vd. 2021). Melo vd. (2019) çalışmalarında İYA'nın bir baz istasyonu, dizüstü bilgisayar, tablet veya cep telefonu ile bağlantı kurması için Wi-Fi router kullanılmıştır. Bu sayede kullanıcı İYA'yı uzaktan kontrol edebilir ve görev rotalarını yapılandırabilir. Sensör verilerinin ve konum bilgilerinin İYA'dan bir yer istasyonuna veya mobil cihaza gerçek zamanlı olarak iletilmesi için Wi-Fi ağları tercih edilmiştir (Aparicio-Lastiri vd. 2023).

Özellikle insansız hava ve deniz araçlarında 3DR Radio telemetri aktarımı için geliştirilmiş, genellikle 915 MHz veya 433 MHz bandında çalışan bir RF modülüdür. MAVLink protokolünü desteklemesi ve düşük gecikmeli kontrol sinyali iletimi sağlaması kullanım tercihi sunmaktadır. Setiawan (2022), 3DR Radyo Telemetresi modülünün yalnızca 300 metreye kadar istikrarlı bir şekilde veri iletebildiği ve günde 11.07 Wh elektrik enerjisi tükettiği belirtilmiştir. Bu durum, LoRa teknolojisi ile yapılan kıyaslamada menzil ve enerji verimliliği açısından daha sınırlı olduğunu göstermiştir.

Düşük veri hızına rağmen kilometrelerce menzil sağlayabilen ve çok düşük güç tüketimi ile çalışan bir RF haberleşme yöntemi olan Long Range (LoRa) 433 MHz veya 868 MHz frekans bandında çalışır. Özellikle enerji verimliliğinin öncelikli olduğu çevresel izleme görevlerinde tercih edilir. LoRa teknolojisi, düşük maliyetli, uzun iletişim mesafesi ve yüksek dayanıklılık özellikleriyle öne çıkar. İYA'larda su kalitesi izleme ve diğer çevresel izleme uygulamaları için kullanılarak, toplanan verileri doğrudan bir bulut altyapısına aktarmak için LoRa bağlantısı kullanılmaktadır.

Yapılan saha testlerinde, LoRa iletişim bağlantısının 1.5 km'lik bir çalışma menzilinde paket kaybı olasılığının %10'un altında kaldığı ve 2 km'ye kadar güvenilir ve uzun mesafeli veri iletimi sağlayabildiği gösterilmiştir (Chen vd. 2021).

Özellikle kısa ve orta mesafeli kablosuz veri aktarımı için kullanılan, kolay entegrasyon ve mesh ağ desteği olan Xbee diğer bir RF cihazdır. 2.4 GHz bandında çalışan bu modüller, çoklu cihaz iletişimi gerektiren uygulamalarda tercih edilir. WeMo adlı düşük maliyetli İYA prototipinde XBee Series 1 radyo modülleri kullanılmıştır. Bu modüller, İYA'ını uzaktan manuel kontrolü için Arduino UNO kartı ile entegre edilmiş olup, görüş hattında 100 metreye kadar bir iletim menzili sunar. Kontrol talimatları, özelleştirilmiş bir uzaktan kumandadan her 100 milisaniyede bir alınarak araçtaki XBee radyo modülü aracılığıyla iletilir. Çalışma, XBee modüllerinin alternatiflere kıyasla daha yüksek maliyetli olduğunu, ancak prototip aşamasında basitlik nedeniyle tercih edildiğini belirtmektedir (Madeo vd. 2020).

Menzil, veri hızı, güç tüketimi ve entegrasyon kolaylığı açısından bu sistemler birbirinden farklıdır. Bluetooth gibi sistemler düşük güç ve kısa menzil avantajına sahipken, LoRa çok düşük veri hızına rağmen kilometrelerce menzil sunar. Wi-Fi çözümleri yüksek veri hızı sağlayarak gerçek zamanlı video ve yüksek bant genişliği gerektiren görevlerde öne çıkar. 3DR Radio ise özellikle telemetri aktarımı ve komuta-kontrol sinyallerinde düşük gecikme sağlamasıyla tercih edilir. RF haberleşme teknolojilerinin teknik özellikleri, avantajları, dezavantajları karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1: RF Haberleşme Teknolojilerinin Karşılaştırması

Teknoloji	Frekans Bandı	Menzil	Veri Hızı	Güç Tüketimi	Avantajlar	Dezavantajlar
Bluetooth (Bluetooth SIG. ,2025)	2.4 GHz	10–100 m	Düşük – Orta	Çok düşük	Düşük güç, kolay entegrasyon	Kısa menzil, sınırlı bant genişliği
Wi-Fi (Wi-Fi Alliance, 2025)	2.4/5 GHz	~200 m	Yüksek	Orta	Yüksek veri hızı	Yüksek güç tüketimi, LOS gereksinimi
3DR Radio (ArduPilot, 2025)	433 / 915 MHz	1–3 km	Orta	Düşük	MAVLink desteği, düşük gecikme	Orta menzil, sınırlı bant genişliği
LoRa (Semtech, 2016)	433 / 868 MHz	20–50 km	Düşük	Çok düşük	Enerji verimliliği	Uzun menzil, düşük veri hızı,
XBee (Digi International, 2025)	2.4 GHz	100–300 m	Orta	Düşük	Mesh desteği, kolay entegrasyon	Orta menzil, bant genişliği sınırlı

Hücresel Ağlar

Hücresel ağlar, **geniş kapsama alanı, yüksek veri hızı ve düşük gecikme** gerektiren görevler için İYA'larda kullanılan haberleşme yöntemlerinden biridir. GSM (2G), 3G, 4G/LTE ve 5G teknolojilerini kapsayan bu sistemler, kıyı istasyonları ile İYA arasında baz istasyonu aracılığıyla veri iletimi sağlar. RF tabanlı olsalar da doğrudan nokta–nokta iletişim yerine altyapıya dayalı bir çalışma prensibine sahiptirler. Bu sayede RF sistemlerde olan görüş hattı kısıtlaması ortadan kalkar ve özellikle geniş alan operasyonlarda veya uzun menzilli görevlerde avantaj sağlarlar.

Hücresel ağların en büyük avantajlarından biri, mevcut telekomünikasyon altyapısını kullanmalarıdır; böylece ek donanım yatırımı olmadan geniş kapsama sağlanabilir. Ancak kapsama alanı tamamen operatörün baz istasyonu erişimine bağlıdır ve açık denizlerde bu bağlantı kopabilir. Enerji tüketimi, özellikle yüksek veri hızında çalışan modemlerde, RF kısa menzilli sistemlere kıyasla daha fazladır. Hücresel ağlar gelişen teknoloji ile sürekli altyapılarında gelişmeler olsa da günümüzde 2G, 3G, 4G/LTE ve 5G teknolojileri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

900 MHz veya 1800 MHz frekans bantlarında çalışan 2G sistemler düşük veri hızına sahip olmakla birlikte, SMS ve GPRS üzerinden veri aktarımı için uygundur. Düşük bant genişliği gerektiren görevlerde, uzun süreli düşük güç tüketimiyle çalışabilmesi avantaj sağlar. Banerji (2013) tarafından geliştirilen bir GSM tabanlı USV prototipi, cep telefonu şebekesi kullanarak uzaktan kontrol imkânı sağlamış; bu sayede RF sistemlerin menzil sınırlamalarını yoğun deniz ortamında aşmıştır.

Günümüzde İYA'larda en yaygın kullanılan hücresel ağ teknolojisidir. 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz ve 2600 MHz gibi farklı frekans bantlarını kullanabilen 4G, 10–100 Mbps arası veri hızı ve düşük gecikme (50 ms civarı) sunar. Bu sayede yüksek çözünürlüklü video aktarımı ve gerçek zamanlı kontrol mümkündür. Ryu (2022), iDroneboat adlı insansız yüzey aracının gerçek zamanlı su kalitesi izleme ve görselleştirme için bir LTE iletişim modülü kullandığı belirtilmiştir. Sistem, Raspberry Pi için geliştirilen Sixfab gibi bilişim teknolojisi endüstrilerinin eklenti modüllerine benzer bir kurulum kullanır ve LTE modülünün kablosuz servis sağlayıcı aracılığıyla etkinleştirilmesi için abonelik gereklidir. İYA üzerindeki sensör verilerini toplar ve bu veriler bulut tabanlı bir veri paylaşım platformu olan ThingSpeak'e aktarılır. Verilerdeki değişikliklerin 15 saniyelik aralıklarla güncellendiği belirtilmiştir.

Hücresel ağların en yeni nesli olup, ultra düşük gecikme (1–10 ms), yüksek bant genişliği (1 Gbps'e kadar) ve yoğun cihaz bağlantı desteği ile öne çıkan 5G sistemler henüz tüm bölgelerde yaygın olmamakla birlikte, liman içi veya kıyı hattına yakın bölgelerde test edilmektedir. Li vd. (2024), 5G ağı üzerinden USV ile kontrol merkezi arasında yüksek hızda haberleşme sağlanarak otonom çarpışma önleme algoritmasının başarıyla çalıştırıldığını bildirmiştir. Burada 5G haberleşmesi ile yüksek tepki ve yenilikçi navigasyon kabiliyeti elde edilmiştir.

Hücresel ağ teknolojileri donanımsal olarak endüstriyel sınıf modemler (SIMCom SIM7600E, Quectel EC25, Teltonika RUTX11), IP67/MIMO antenler, router tabanlı ağ yönetim cihazları ve GPS/GNSS modülleri ile desteklenir. Bu donanımlar, deniz ortamında suya, korozyona, titreşime ve sıcaklık değişimlerine dayanıklı olacak şekilde tasarlanır. Enerji yönetimi açısından, hücresel modemler yüksek veri aktarımı sırasında daha fazla güç tüketse de düşük veri modlarında optimize edilebilir. Tablo 2'de hücresel ağ teknolojilerinin teknik özellikleri, avantajları, dezavantajları karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Tablo 2: Hücresel Ağ Teknolojilerinin Karşılaştırması

Teknoloji	Frekans Bandı	Veri Hızı	Gecikme	Avantajlar	Dezavantajlar
GSM (2G)	900 / 1800 MHz	Düşük (~kbps)	Yüksek	Düşük güç, geniş kapsama	Çok düşük veri hızı
3G	850 / 900 / 1900 / 2100 MHz	Orta (Mbps)	Orta	Orta seviye veri hızı	Yerini 4G'ye bırakıyor
4G/LTE	800 / 1800 / 2100 / 2600 MHz	Yüksek (10–100 Mbps)	Düşük	Yüksek hız, düşük gecikme, geniş sensör desteği	Kapsama dışı alanlarda bağlantı kopar
5G	<6 GHz ve mmWave (>24 GHz)	Çok yüksek (1 Gbps)	Çok düşük	Ultra düşük gecikme, yüksek bant genişliği	Henüz yaygın değil

Hücresel ağlar, kapsama alanı içinde kaldıkları sürece İYA'lara güvenilir ve yüksek kapasiteli bir iletişim altyapısı sağlar. GSM düşük veri ihtiyacı olan görevlerde enerji tasarrufu sunarken, 4G/LTE yüksek bant genişliği gerektiren video aktarımı ve çoklu sensör uygulamalarında ideal çözümdür.

Hibrit Sistemler ve Donanım Entegrasyonu

Günümüz İYA'lar farklı haberleşme teknolojilerinin birlikte kullanıldığı hibrit sistemler, sadece bağlantı sürekliliği açısından değil aynı zamanda operasyonel verimlilik, gecikme yönetimi ve enerji tasarrufu açısından da kritik öneme sahiptir. Bu sistemlerde genellikle RF veya hücresel (4G/5G) entegre edilir. Böylece çevresel koşullar, menzil değişiklikleri veya parazit gibi dış dinamikler karşısında adaptif bir iletişim altyapısı oluşturulur.

Ekambaram ve Tripathi (2025) çalışmalarında, otonom deniz araçlarının açık deniz görevleri, çevresel izleme ve gözetim gibi çeşitli operasyonları için güvenilir, esnek ve sağlam iletişim sistemlerinin önemini vurgulamaktadır. Dinamik deniz ortamındaki bağlantı engellerini aşmak için uydu, hücresel (LTE/5G), RF ve mesh ağlarını birleştiren hibrit deniz kablosuz ağ mimarilerinin uygulanmasını incelenmiştir. Çalışmada, otonom deniz araçları ile karasal altyapı arasındaki iletişimi transfer etmek için uydu bağlantıları kullanılır ve karadaki baz istasyonları yüksek hızlı fiber bağlantılarla bir operasyonel merkeze bağlanır. Yapılan simülasyonlar ve saha denemeleri ile hibrit modelin geleneksel tek ağ sistemlerine kıyasla sinyal kapsamı, bant genişliği verimliliği ve hata toleransında önemli iyileşmeler sağladığını gösterdiği belirtilmektedir. Uydu global erişim sağlarken, LTE/5G kıyıdan 10-20 km mesafedeki birimler için birincil iletişim modu olarak işlev görmektedir. Kesintisiz bağlantı, ağ yedekliliği, dinamik yönlendirme ve hata toleransı garantileri sunarak operasyonların güvenilirliğini ve ölçeklenebilirliğini artırmaktadır.

Kurdiuk vd. (2025) İYA'ları için, zorlu koşullar altında dahi video, telemetri ve kontrol sinyallerinin kesintisiz iletimini sağlayacak yüksek güvenilirliğe sahip çok katmanlı hibrit bir veri iletim sistemi geliştirmeyi önermektedir. Farklı katmanlarda çeşitli iletişim teknolojilerini entegre eden çalışmada fiziksel katmanda akustik modüller, LTE, 5G ve optik iletişim modüllerini içerir. Ağ katmanı adaptif kanal anahtarlamasını, VPN tünellemeyi ve trafik yük dengelemeyi yönetir. Protokol katmanı ise QoS optimizasyonunu ve veri iletim verimliliğini artırmak için gecikmeyi en aza indirmeyi hedefler. Amaç, mevcut tekil teknolojilerin yetersiz kaldığı durumlarda İYA görevlerinin güvenilirliğini ve enerji verimliliğini artırmaktır. Yapılan deneyler ve optimizasyon, bu hibrit sistemin istikrarı artırdığını ve paket kaybını azalttığını belirtmektedir.

Li vd. (2024) İYA'ların karmaşık deniz ortamlarında yerel engellerden kaçınma sorununu çözmek ve güvenilir ile ekonomik iletişim sağlamak amacıyla 5G teknolojisi ve uydu iletişimini kullanan hibrit bir iletişim altyapısı tasarlamışlardır. Sistemdeki 5G iletişim cihazı İYA'nın konumunu kontrol merkezine 1 saniyelik zaman aralıklarıyla raporlarken, bütünleşmiş tanımlama sistemi sistemi çevredeki diğer gemilerin yönünü ve hızını algılar.
Wang vd. (2020) derin deniz ve açık deniz verilerinin iletimi sorununu çözmek için yenilikçi bir İYA platformu tasarlanmıştır. Bu platform, hem modüler sensör yükleriyle bir gözlem aracı hem de hareketli bir iletişim platformu olarak işlev görmektedir. İYA, meteorolojik veriler, hidrografik veriler ve videolar dahil olmak üzere tüm sensör ve gözlem verilerinin gerçek zamanlı ve uzun mesafeli iletimini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu amaçla sistem BeiDou Navigasyon Uydu Sistemi, RF modem ve Wi-Fi ağını bir araya getiren hibrit bir iletişim altyapısı kullanır. Ek olarak su altı ekipmanlarıyla bilgi alışverişi yapabilmek için sualtı akustik modemi de entegre edilmiştir. Bu bütünleşmiş iletişim yaklaşımı, özellikle karasal iletişim altyapısının bulunmadığı veya kesintili olduğu durumlarda dahi güvenilir ve kesintisiz veri aktarımını güvence altına almayı hedefler.
Coccolo vd. (2023) otonom deniz araçlarının çeşitli endüstriyel görevleri otonom veya uzaktan pilotlu bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamak amacıyla tasarlanmış hizmet tabanlı bir bulut sistemi olan RoboVaaS projesinin sistem mimarisi ve iletişim altyapısı incelenmektedir. Çalışmada hem su altı hem de su üstü ortamlar için güvenilir, esnek ve sağlam bağlantı sağlamak üzere hibrit kablosuz ağ mimarilerinin entegrasyonu temel alınmıştır. Su altı iletişimi için akustik iletişim sistemleri kullanılırken, bu sistemler düşük veri hızı ve yüksek yayılım gecikmesi gibi sınırlamalara sahiptir. İYA'lar, sualtı sensör düğümlerinden veri toplamak için veri katırı olarak işlev görür ve bu verileri akustik modemler aracılığıyla alır. Su üstü iletişimi ise başlıca Wi-Fi ağı, WiMAX ve LTE bağlantılar gibi geniş bant radyo teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilir. Bu bağlantılar, gerçek zamanlı kontrol komutları, video akışları ve toplanan sensör verilerinin merkezi bir bulut tabanlı kontrol ve izleme düğümüne iletilmesini sağlar.

GELECEK YÖNELİMLERİ VE YENİ TEKNOLOJİLER

Gelişen teknoloji ile İYA'ların kullanım alanları ve yetenekleri de gelişmektedir. Özellikle yazılım zekâsı, haberleşme altyapısı ile de köklü bir dönüşüm öngörülmektedir. Bu dönüşümün temelinde, yapay zekâ destekli otonomi, yüksek bant genişlikli haberleşme, gelişmiş enerji yönetimi, modüler sensör entegrasyonu ve filo koordinasyon sistemleri yer almaktadır. Özellikle artan görev karmaşıklığı, değişen çevresel koşullar ve genişleyen operasyon alanları, gelecek teknolojilerin daha adaptif, ölçeklenebilir ve güvenilir olmasını gerektirmektedir.
5G ve yaklaşmakta olan 6G teknolojileri, düşük gecikme süreleri ve yüksek veri hızları sayesinde gerçek zamanlı komuta-kontrol ve yüksek çözünürlüklü sensör verisi aktarımını mümkün kılacaktır. Verinin İYA üzerinde ön işlenmesi, yalnızca kritik bilgilerin merkezî sistemlere iletilmesi gibi bant genişliği optimizasyonu sağlayacaktır. Uydu haberleşmesinde ise 100 ms'nin altında küresel kapsama ve geniş bant imkânı, okyanus aşırı görevlerde sürekli bağlantıyı mümkün kılacaktır.
Geleceğin İYA sistemleri aynı zamanda filo operasyonları konseptiyle ön plana çıkmaktadır. Bu yaklaşımda birden fazla İYA, merkezi veya dağıtık görev planlayıcılar aracılığıyla koordineli hareket edecek, görev bölgesini en kısa sürede kapsayacak, arıza durumlarında diğer araçlar adaptif olarak görevi devralacaktır. Bu tür operasyonlarda haberleşme sürekliliği, düşük gecikmeli mesh ağlar ve otonom karar verme yetenekleri kritik rol oynayacaktır.

Literatürdeki öngörüler, önümüzdeki dönemde İYA'ların yalnızca deniz güvenliği, çevresel izleme ve liman operasyonlarıyla sınırlı kalmayacağını; açık deniz enerji platformlarının denetiminden iklim değişikliği araştırmalarına, deniz habitatı koruma çalışmalarından ticari lojistik operasyonlarına kadar çok geniş bir uygulama yelpazesinde görev alacağını göstermektedir. Özellikle iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı ve deniz kirliliği gibi küresel sorunlar karşısında, yüksek veri toplama kapasitesine ve kesintisiz çalışma kabiliyetine sahip bu araçlar, karar destek sistemleri için stratejik bilgi sağlayıcılar hâline gelecektir.

SONUÇ

İYA teknolojileri, denizcilik ve deniz mühendisliği alanında son yıllarda giderek artan bir ivmeyle gelişmektedir. Haberleşme altyapısından enerji yönetimine, sensör entegrasyonundan yapay zekâ tabanlı otonomiye kadar geniş bir yelpazede ilerlemeler, bu araçların operasyonel kabiliyetlerini önemli ölçüde artırmıştır. RF haberleşme, hücresel ağlar, uydu sistemleri ve akustik modemler gibi özellikle hibrit sistemler farklı iletişim yöntemlerinin görev ihtiyaçlarına göre optimize edilmesi hem kıyıya yakın hem de okyanus aşırı operasyonlarda güvenilir veri iletimini mümkün kılmaktadır. Enerji teknolojilerinde hibrit çözümler ve yenilenebilir kaynakların entegrasyonu, görev sürelerinin uzatılmasını sağlamıştır. Gelişmiş sensörler ve veri füzyon teknikleri ise çevresel farkındalığı ve görev doğruluğunu yükseltmiştir.

Gelişen teknolojilerin doğru tasarım, test ve operasyonel protokollerle desteklenmesi, İYA'ların güvenilir, sürdürülebilir ve çok amaçlı deniz platformları hâline gelmesini sağlayacaktır. Böylelikle bu sistemler, yalnızca askeri ve ticari operasyonlarda değil, aynı zamanda çevresel izleme, bilimsel araştırma ve afet yönetimi gibi küresel ölçekte stratejik öneme sahip alanlarda da kritik roller üstlenecektir. Önümüzdeki süreçte bu teknolojilerin birlikte çalışabilirlik, güvenlik ve uluslararası standartlara uyum çerçevesinde olgunlaşması, İYA'ların dünya denizlerinde yaygın olarak kullanılmasının önünü açacaktır.

KAYNAKLAR

Aparicio-Lastiri, L. M., Cárdenaz-Velázquez, J. I., Antonio-Yañez, E. D., & Núñez-Cruz, R. S. (2023, Kasım). Measurement of Water Quality Using an Unmanned Surface Vehicle. XXV Robotics Mexican Congress (COMRob) (pp. 13-18). IEEE.

ArduPilot. (2025). SiK Telemetry Radio — Copter documentation. Erişim Tarihi: 12.08.2025, https://ardupilot.org/copter/docs/common-sik-telemetry-radio.html

Banerji, S. (2013). Design and Implementation of an Unmanned Vehicle using a GSM Network with Microcontrollers. arXiv preprint arXiv:1306.6125.

Bluetooth SIG. (2025). Core Specification 6.0 Adopted. Bluetooth®. Erişim Tarihi: 12.08.2025, https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification-6-0/

Chang, H.-C., Hsu, Y.-L., Hung, S.-S., Ou, G.-R., Wu, J.-R., & Hsu, C. (2021). Autonomous Water Quality Monitoring and Water Surface Cleaning for Unmanned Surface Vehicle. Sensors, 21(4), 1102. https://doi.org/10.3390/s21041102

Chen, W., Hao, X., Yan, K., Lu, J., Liu, J., He, C., Zhou, F., & Xu, X. (2021). The Mobile Water Quality Monitoring System Based on Low-Power Wide Area Network and Unmanned Surface Vehicle. Wireless Communications and Mobile Computing, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/1609612

Coccolo, E., Delea, C., Steinmetz, F., Francescon, R., Signori, A., Au, C. N., Campagnaro, F., Schneider, V., Favaro, F., Oeffner, J., Renner, B.-C., & Zorzi, M. (2023). System Architecture and Communication Infrastructure for the RoboVaaS Project. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 48(3), 856–873. https://doi.org/10.1109/JOE.2023.3234710

Digi International. (2025). Digi XBee® 3 Zigbee 3 RF Module — Product page. Erişim Tarihi: 12.08.2025, https://www.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee/rf-modules/2-4-ghz-rf-modules/xbee3-zigbee-3

Dsouza, V. L., Dsouza, S. F., Sarosh, M., Kukkilaya, S., Chilimbi, V., & Fernandes, S. R. (2021). Remotely controlled boat for water quality monitoring and sampling. Materials Today: Proceedings, 47, 2391–2400. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.354

Ekambaram, Y., & Tripathi, M. (2025). Adopting Hybrid Wireless Network Architectures to Support Autonomous Maritime Vehicle Operations. Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications (JoWUA), 16(2), 95–104. https://doi.org/10.58346/JOWUA.2025.I2.006

Kurdiuk, S., Dremliuk, V., Melnyk, O., Onishchenko, O., Fomin, O., Píštěk, V., & Kučera, P. (2025). Development of a High-Reliability Hybrid Data Transmission System for Unmanned Surface Vehicles Under Interference Conditions. Drones, 9(3), 174. https://doi.org/10.3390/drones9030174

Li, X., Feng, W., Wang, J., Chen, Y., Ge, N., & Wang, C.-X. (2020). Enabling 5G on the Ocean: A Hybrid Satellite-UAV-Terrestrial Network Solution. IEEE Wireless Communications, 27(6), 116–121.

Li, X., Jiao, T., Ma, J., Duan, D., & Liang, S. (2023). LSDA-APF: A Local Obstacle Avoidance Algorithm for Unmanned Surface Vehicles Based on 5G Communication Environment. Computer Modeling in Engineering & Sciences, 138(1), 595–617.

Madeo, D., Pozzebon, A., Mocenni, C., & Bertoni, D. (2020). A low-cost unmanned surface vehicle for pervasive water quality monitoring. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 69(6), 1433–1444. https://doi.org/10.1109/TIM.2019.2963515

Melo, M., Mota, F., Albuquerque, V., & Alexandria, A. (2019). Development of a Robotic Airboat for Online Water Quality Monitoring in Lakes. Robotics, 8(1), 19. https://doi.org/10.3390/robotics8010019

Ryu, J. H. (2022). Prototyping a low-cost open-source autonomous unmanned surface vehicle for real-time water quality monitoring and visualization. HardwareX, 12, e00369. https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00369

Semtech. (2016). SX1276/77/78/79 – Wireless, sensing & timing datasheet (Rev. 5) Erişim Tarihi: 12.08.2025, https://www.mouser.com/datasheet/2/761/sx1276-1278113.pdf

Setiawan, J. D. et al. (2022). Evaluation and development of wireless monitoring systems for an autonomous sailboat. Journal of Physics: Conference Series, 2193(1), 012050. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012050

Vargas, S. M., Vitale, A. J., Genchi, S. A., Nogueira, S. F., Arias, A. H., Perillo, G. M. E., Siben, A., & Delrieux, C. A. (2023). Monitoring multiple parameters in complex water scenarios using a low-cost open-source data acquisition platform. HardwareX, 16, e00492. https://doi.org/10.1016/j.ohx.2023.e00492

Wang, Y., Cui, J., Zhao, B., Zhao, W., & Liu, K. (2020, October). Observation and communication platform design of USV for marine environmental parameters. In Global Oceans 2020: Singapore–US Gulf Coast (pp. 1–5). IEEE.

Wi-Fi Alliance. (2025). Wi-Fi Alliance. Erişim Tarihi: 12.08.2025, https://www.wi-fi.org/

Xing, A. et al. (2020). Design of an Unmanned Boat System for Floating Garbage Salvage and Water Quality Monitoring Based on OneNET. Journal of Physics: Conference Series, 1607(1), 012062. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1607/1/012062

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

FARKLI GÖVDE TİPLERİ VE MALZEME YAPILARININ İNSANSIZ YÜZEY ARAÇLARINDA KULLANIMI VE ETKİSİ

Hüseyin DURAN
Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksekokulu Elmalı
ORCID: 0000-0002-9006-9540

ÖZET
İnsansız Yüzey Araçları (İYA) su üzerinde insan mürettebatı olmadan görev yapabilen, uzaktan kumandalı veya otonom sistemlerdir. Gövde formu ve malzeme seçimi bu araçların hidrodinamik performansı, manevra kabiliyeti, stabilitesi ve operasyonel verimliliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Monohull, katamaran, Hysucat, STASH, hava botu, kare çerçeve ve modüler gövdeler gibi farklı tasarımların avantaj ve sınırlılıklarını etkilemektedir. Monohull yapılar düşük maliyet ve yüksek manevra kabiliyeti sunarken, katamaranlar üstün stabilite ve yüksek yük taşıma kapasitesi sağlamaktadır. STASH gövde tipi ise monohull ve katamaran avantajlarını birleştirme amacı taşımasına rağmen dalgalara performansında sınırlı iyileşme sağlamaktadır. Yüksek akış koşullarında yapılan batimetri çalışmalarında, manevra kabiliyeti ve akıntıya karşı dayanıklılığı nedeniyle V-şekilli monohull'ların daha avantajlı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca diferansiyel itme özellikli açık pervane sistemleri bu görevler için etkili çözümler sunmaktadır. Malzeme seçimi de İYA performansını doğrudan etkilemektedir. PVC borular modülerlik ve düşük maliyet sağlarken, alüminyum hafifliği ve dayanıklılığıyla öne çıkmaktadır. Fiberglas, korozyona karşı direnci ve uzun ömürlülüğüyle tercih edilirken, 3D baskı malzemeler prototip geliştirmede yenilikçi çözümler sunmaktadır. ABS plastik kutular ise elektronik aksamın korunmasında etkin rol oynamaktadır. Bu çalışma farklı gövde ve malzeme yapılarını literatür ışığında inceleyerek, görev senaryolarına uygun tasarım kombinasyonlarını ortaya koymayı amaçlamakta ve İYA'ların gelecekteki kullanımına yönelik tasarım stratejilerine katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: İnsansız Yüzey Araçları (İYA), Gövde Formu Tasarımı, Stabilite, Malzeme Yapıları.

USE AND EFFECT OF DIFFERENT BODY TYPES AND MATERIAL STRUCTURES IN UNMANNED SURFACE VEHICLES

ABSTRACT
Unmanned Surface Vehicle (USV) are remotely controlled or autonomous systems that can operate on water without a human crew. The choice of body form and material plays a decisive role in the hydrodynamic performance, maneuverability, stability and operational efficiency of these vehicles. Affects the advantages and limitations of different designs such as monohull, catamaran, Hysucat, STASH, airboat, square frame and modular hulls. Monohull structures offer low cost and high maneuverability, while catamarans provide superior stability and high load carrying capacity. The STASH hull type, on the other hand, aims to combine the advantages of monohull and catamaran, but provides limited improvement in performance to waves. In bathymetry studies carried out in high flow conditions, it is noted that V-shaped monohulls are more advantageous due to their maneuverability and resistance to current. In addition, open propeller systems with differential thrust offer effective solutions for these tasks. Material selection also directly affects the performance of UTI. PVC pipes provide modularity and low cost, while aluminum stands out for its lightness and durability.

While fiberglass is preferred for its corrosion resistance and longevity, 3D printed materials offer innovative solutions in prototype development. ABS plastic boxes, on the other hand, play an active role in protecting electronics. This study aims to reveal the design combinations suitable for the task scenarios by examining different body and material structures in the light of the literature and contributes to the design strategies for the future use of UTIs.
Keywords: Unmanned surface vehicle (USV), hull form design, hydrodynamic performance, stability, material structures in marine vessels.

GİRİŞ

İnsansız Yüzey Araçları (İYA), insan mürettebat bulundurmadan, uzaktan kumandalı veya tamamen otonom olarak görev yapabilen, su yüzeyinde hareket eden deniz araçlarıdır. Gelişmiş sensörler, konumlandırma sistemleri, iletişim modülleri ve tahrik mekanizmaları ile donatılan bu sistemler keşif, gözlem, ölçüm ve lojistik gibi çeşitli görevleri yerine getirecek şekilde tasarlanır. Su yüzeyinde farklı hızlarda farklı görevlere uyum sağlayabilir, insanlı araçların riskli veya erişilemez bulduğu bölgelerde güvenle çalışabilir. Teknolojik gelişmeler, bu araçların boyut, enerji verimliliği, manevra kabiliyeti ve görev çeşitliliği açısından önemli ilerlemeler kaydetmesini sağlamıştır.

Özellikle güvenlik, çevresel izleme, bilimsel araştırma ve endüstriyel uygulamalardaki avantajları İYA'lara önem katmaktadır. Askeri alanda keşif, devriye, mayın tarama gibi yüksek riskli görevleri insan hayatını tehlikeye atmadan yerine getirebilir. Sivil kullanımda ise liman güvenliği, kıyı denetimi, balıkçılık izleme, deniz kirliliği tespiti ve su kalitesi ölçümü gibi alanlarda etkin çözümler sunar. Ayrıca iklim değişikliği araştırmalarında, okyanus ve iç su ekosistemlerinin uzun süreli izlenmesinde kritik veri sağlar. İnsanlı gemilere kıyasla daha düşük işletme maliyeti, esnek yönetim ve yüksek operasyonel verimlilikleri sayesinde, İYA'lar gelecekte denizcilik ve su kaynakları yönetiminde önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışmada, su kalitesi izleme ve ilgili görevler için geliştirilen İYA'ların gövde ve tahrik sistemlerini, mevcut literatürdeki tasarım yaklaşımları çerçevesinde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, mevcut akademik çalışmalar, teknik raporlar ve endüstriyel uygulamalardan elde edilen veriler ışığında şekillendirilmiştir. Ayrıca belirli görev senaryolarına uygun İYA tasarımları için öneriler sunulmaktadır. Göl, nehir, kıyı bölgeleri veya açık deniz gibi farklı operasyon alanları için görev profilleri tanımlanmış ve her bir senaryo için en uygun gövde yapısı, malzeme ve tahrik sistemi kombinasyonları belirlenmiştir. Böylece hem operasyonel verimliliği artıracak hem de uzun vadeli bakım ve işletme maliyetlerini azaltacak tasarım stratejilerinin ortaya konulması hedeflenmektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

İnsansız yüzey araçlarının gövde tasarımı, aracın hidrodinamik performansını, manevra kabiliyetini, stabilitesini ve görev verimliliğini doğrudan etkileyen en kritik unsurlardan biridir. Farklı görev senaryoları ve çevresel koşullar, farklı gövde tiplerinin tercih edilmelidir.

Giraldo-Perez vd. (2020) farklı gövde yapılarının hidrodinamik performansı üzerine yapılan çalışmada, benzer boyut, ağırlık ve ağırlık merkezi koşullarında tek kabuklu, katamaran, Hysucat gibi farklı gövde tipleri hidrodinamik performans açısından karşılaştırılmıştır. Tek kabuklu tasarımlar yüksek hızlarda düşük direnç, iyi manevra kabiliyeti ve basit yapılarıyla avantajlıyken, sığ sularda hidrolik kanat kullanımı sınırlılığı bulunmaktadır.

Katamaranlar yüksek stabilite, geniş güverte alanı ve dalgalı denizde konfor sağlasa da uygulama hızlarında daha yüksek direnç ve düşük dalga sönümleme yeteneği dezavantaj oluşturduğu belirtilmektedir. Hysucat tasarımların, direncin azaltılmasında beklenen iyileşmeyi her zaman sağlamadığı belirtilmektedir.

Kumar vd. (2024) yüksek akış koşullarında güvenli ve etkili batimetri veri toplamak amacıyla katamaran ve tek kabuklu gövde tipleri karşılaştırılmış, manevra kabiliyeti, akıntıya karşı performansı, ekipman entegrasyonu kolaylığı ve maliyet avantajları nedeniyle V-şekilli tek kabuklu tercih edilmiştir. Çalışmada yüksek hız gereksinimi nedeniyle gövde direncinin doğru tahmini hesaplanmıştır. İtme sistemi olarak diferansiyel itme özellikli açık pervaneler seçilmiş, pahalı sensörlerin korunması için Echoboat-160 gibi dayanıklı bir tek kabuklu ana platform ile daha düşük maliyetli bir test platformu birlikte kullanılarak esnek ve güvenli bir araştırma yapısı oluşturulmuştur.

Paravisi vd. (2019) İYA gövde ve tahrik sistemlerinin dalga, rüzgar ve akıntı gibi çevresel bozukluklar altındaki performansı incelenmiş, geliştirilmiş bir simülatör ile gövdenin çok parçalı modellenmesi sayesinde yuvarlanma ve yunuslama hareketleri daha gerçekçi şekilde simüle edilmiştir. Dört İYA modeli değerlendirilmiş; hava botu sığ ve engelli sularda avantajlı ancak yüksek akışta dezavantajlı, iki motorlu botların yüksek manevra kabiliyetine sahip ancak güçlü akıntı ve rüzgârda rotası daha fazla bozulduğu, dümen botlarının enerji, manevra ve yük kapasitesi açısından dengeli, rüzgar botlarının ise açık denizlerde stabil ancak sığ sulara uygun olmadığını belirtmektedir. Simülatörde, rüzgar ve akıntı etkilerini gerçekçi verilerle modelleyerek gövde formunun çevresel koşullara tepkisini ayrıntılı şekilde analiz etmektedir.

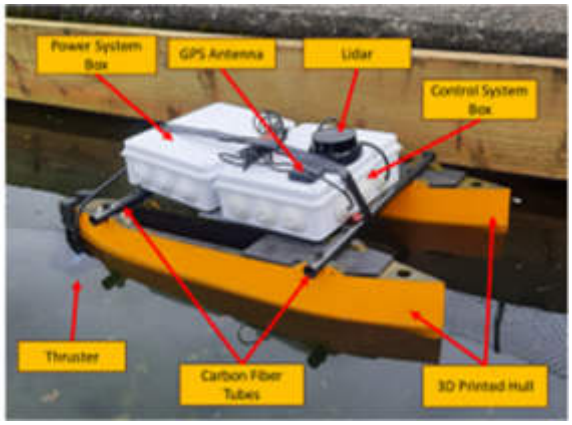
Poundraa vd. (2024), monohull, katamaran ve STASH gövde tipleri farklı deniz koşullarında hidrodinamik kuvvetler ve performans açısından karşılaştırılmıştır. STASH gövde yapısının tek kabuklu ve katamaran avantajlarını birleştirme hedefine rağmen dikey hareket, boylamsal dönme ve yanlara sallanma performansında belirgin bir iyileşme sağlamadığını gözlemlenmiştir. Katamaranlar bazı koşullarda daha düşük dalga uyarımı ve yüksek stabilite sunarken, tek kabuklular daha ağır yapılarıyla yüksek dalga boylarında avantaj sağlamaktadır. STASH ise karmaşık gövde geçişleri nedeniyle akış girişimlerinden olumsuz etkilenmiş ve özellikle yan dalgalarda daha kötü performans sergilemiştir. Sonuç olarak, STASH'ın gemi tasarımcıları için işlevsel ve cazip bir seçenek olmadığı belirtilmiştir.

Geliştirilen İYA formlarında en yaygın ve tercih edilen gövde tiplerinden biri katamaran tasarımıdır (Şekil 1). Bu araçlar, genellikle iki paralel gövdeden oluşur. Tek gövdeli tasarımlara kıyasla üstün stabilite ve yüksek yük taşıma kapasitesi bulunmaktadır. Bu sayede ağır sensör yüklerini taşıyabilen ve araştırma amaçlı platformlar için ideal olan yapılardır. Bazı katamaran tasarımları, düşük su çekimi sayesinde sığ sulara erişim sağlayabilir (Zartbayeva vd. 2024, Mendoza-Chok vd. 2022). "Aqua Sense" adlı bir robotik deniz aracı da katamaran tasarımına sahiptir ve araştırma platformları için yaygın bir tercihtir (Avidin vd. 2024). EDSON-J isimli bir katamaran sınıfı İYA, büyük ve ağır yükleri (70 kg'a kadar) desteklemek üzere tasarlanmıştır ve pervaneleri olası çarpışmalardan korumak için düşük bir su çekimine sahiptir (Mendoza-Chok vd. 2022). EMAC-USV ise 1.30 x 0.35 x 0.30 m boyutlarında bir katamaran gövdesine sahip olup, yaklaşık 0.12 m'lik düşük bir draft ve 5 kg'lık yüksek bir faydalı yük kapasitesi sunar (Vargas vd. 2023). Özellikle sığ su ortamlarındaki su ürünleri yetiştiriciliği izlemesi için düşük maliyetli, 3D baskılı, çift gövdeli bir katamaran platformu da önerilmiştir, bu da kısıtlı sığ sularda iyi manevra kabiliyeti hedefler (Temilolorun ve Singh 2024). Ancak, genel katamaran tasarımlarının büyük boyutları, yüksek omurga yoğunluğu, dikey ve yan salınımlar, yüksek şok yükleri, düşük konfor ve ekonomik verimlilik gibi bazı dezavantajları da belirtilmiştir.

Bu dezavantajları azaltmak için Zhartybayeva vd. (2024), 45 derecelik burun uçlarına, yamuk düz bir tabana ve gövdenin orta hattında sensörler için iki bölüme sahip yenilikçi katamaran tasarımları geliştirilmiştir. Boylamsal salınımı, yapıya etki eden yükleri, genel titreşimi ve malzeme tüketimini azaltırken, konforu artırmayı ve su direncini düşürmeyi hedefler.

Mendoza-Chok vd. (2022)

Vargas vd. (2023)



Temilolorun ve Singh (2024)

Zhartybayeva vd. (2024)

Şekil 1. Geliştirilen katamaran formlar

Sığ sularda ve yoğun su bitki örtüsünün olduğu alanlarda etkili olmak üzere tasarlanan bir diğer gövde tipi ise robotik hava botlarıdır. Genellikle iki gövdeli bir yapıya sahip olup, dar kanallarda ve farklı yüzeylerde etkili navigasyon sağlamaktadır. Hava botları, su üzerinde bir hava yastığı oluşturarak sürtünmeyi azaltır ve bu sayede gövdeye veya kıyı şeridine gelebilecek olası hasarları en aza indirir. Melo vd. (2019) "Winecup" modeli gibi tasarımlar, elektronik bileşenleri barındırmak için özel iç hacim sunar ve 1.10 m uzunluğunda, kıç tarafında 0.33 m genişliğinde, öne doğru daralan bir alüminyum taban yapısına sahiptir. Bu hava botları genellikle iki adet 350 mm çaplı fan ile tahrik edilir ve sonar transdüseri dümenci görevi görerek aracın dönüş hareketlerini etkileyebilir.

Daha modüler ve düşük maliyetli bir yaklaşım olarak, merkezi bir ABS plastik kutu ve yanlarda ek şamandıraların (kurtarma tenekeleri) kullanıldığı yapılar da mevcuttur. Bu tür kompakt tasarımlar, düşük güç tüketimi, kolay taşıma ve bakım kolaylığı gibi avantajlar sunar.

Örneğin, WeMo (water environmental mobile observer) prototipi, 45 × 38 × 13 cm boyutlarında dikdörtgen bir merkezi ABS plastik kutu ve her biri 65 × 23 × 13 cm ve 1.2 kg ağırlığında iki yan şamandıradan oluşur; toplam ağırlığı 12.7 kg'dır. Bu gövde yapısı, 84 derecelik yatış açısına kadar stabilite gösterir ve bunun ötesinde dengesiz hale gelebilir (Madeo vd. 2020).
Bir İYA prototipi için tercih edilen gövde yapılarından biri, PVC borular kullanılarak oluşturulan kare çerçeve yapısıdır. Bu tasarım, su akışına karşı direnci sınırlamayı ve aracın suda dengesini korumayı hedefler. Bu tip yapılar, algılama ağı ve tahrik mekanizmasının yerleştirilmesi için temel bir platform sunar (Dsouza vd. 2021).

(a) (b) (c)

Şekil 2. Geliştirilen İYA gövde formları a) Melo vd. (2019), b) Madeo vd. 2020, c) Dsouza vd. (2021)

İYA'lar, yüksek su akıntıları, dalgalar ve şiddetli rüzgarlar gibi zorlu koşullarda kullanılabilirler. Küçük boyutlu İYA'ların düşük eylemsizlikleri ve küçük boyutları nedeniyle çevresel değişimlerden daha fazla etkilenmektedir. Bu tür zorlu ortamlarda İYA'ların performansını test etmek ve kontrol stratejilerini değerlendirmek için gerçekçi simülasyon ortamlarında testler yapılmalıdır.
Gövde yapılarında kullanılan malzemeler İYA için aracın tasarlandığı operasyonel hedefler, kullanılacağı çevresel koşullar ve bütçe gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak büyük önem taşır. Bu seçimler, aracın denizdeki performansı, dayanıklılığı, üretim ve bakım kolaylığı üzerinde doğrudan etkilidir. Bu bölümde İYA gövdelerinde kullanılan başlıca malzemeler ve bu malzemelerin tercih edilme nedenleri daha detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.
PVC borular, İYA gövdelerinin üretiminde oldukça yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Bu durumun en temel sebeplerinden bir tanesi malzemenin kolayca monte edilip demonte edilebilir yapıda olmasıdır. Özellikle hidrografik ölçümler gibi çoklu sensörlerin araca entegre edilmesini gerektiren uygulamalar için, PVC boruların oluşturduğu kare çerçeve tasarımları, geniş ve ortası açık bir alan sağlayarak sensörlerin rahatça yerleştirilmesine olanak tanımaktadır. (Dsouza vd. 2021). Ayrıca, PVC boruların düşük maliyetli olması ve piyasada kolayca bulunabilmesi, prototip geliştirme ve düşük bütçeli projeler için cazip bir seçenek haline gelmesini sağlar. Thran vd. (2024) gövdenin genel yapısını oluşturan ana unsurlardan biri olarak PVC tüpler kullanmaktadır. Bu sağlamlık ve yüzerlilik özelliklerine katkı sağlar. Aynı çalışmada gövdenin bağlantı, taşıma ve diğer bölümlerinde alüminyum kullanılmıştır. Alüminyum, İYA'nın toplam ağırlığını azaltırken, taşıma kapasitesini ve hızını artırmaya yardımcı olur. Ayrıca, korozyona ve aşınmaya karşı yüksek direnci sayesinde deniz ortamında güvenilir bir performans sunar. Elektronik bileşenlerin hassasiyeti göz önüne alındığında, alüminyum gövdeler veya alüminyumdan yapılmış su geçirmez kutular, içindeki elektronik donanımı ve sensörleri su ve dış etkenlerden korumak için etkili bir sızdırmazlık sağlar.

İtme yapısı su jeti tahrik sistemlerine sahip alüminyum gövdelerle tasarlanmış, bu da onların yüksek manevra kabiliyetine ve sağlamlığa sahip olmasını sağlar. Genel olarak, ağır sensör yüklerini taşıma kapasitesi nedeniyle katamaran gibi tasarımlarda alüminyum yapısal destek olarak kullanılır.

Fiberglas gövdeler, İYA tasarımlarında, özellikle de katamaran gibi stabilite gerektiren platformlarda yaygın olarak kullanılır. Fiberglas, korozyona karşı üstün direnci sayesinde tuzlu su veya kirli su gibi zorlu ortamlarda uzun ömürlü kullanım sunar. Balbuena vd. (2017) çalışmalarında malzeme özelliklerinin yorgunluğa karşı geliştirilmiş direnç ve dayanıklılık sağladığı belirtilmektedir. Bu dayanıklılık, İYA'nın dinamik deniz koşullarına ve operasyonel yüklemelere karşı direncini artırır. Fiberglasın, hafif ve sağlam alüminyum yapılarla birleştirilerek, elektronik bileşenler için koruma sağlayan su geçirmez bir bütün oluşturulması da mümkündür.

Jo vd. (2019) 3D baskı teknolojisi ile üretilen İYA gövdeleri, özellikle düşük maliyetli prototipleme ve üretim için alternatif bir çözüm sunmaktadır. Polilaktik asit filamentleri gibi malzemeler kullanılarak, karmaşık gövde tasarımları hızlı ve uygun maliyetle oluşturulabilir. Bu yaklaşım, özellikle sığ ve durgun su ortamlarında su ürünleri yetiştiriciliğinin izlenmesi gibi uygulamalar için geliştirilen küçük, çift gövdeli katamaran platformlarında önerilmektedir. 3D baskılı parçaların kullanımı, genel sistemin maliyetini düşürürken, dayanıklılık ve işlevsellik açısından da belirli bir seviyeyi karşılayabilir.

Modülerlik ve maliyet açısından, merkezi bir ABS plastik kutu ana elektronik ve kontrol birimlerini barındırırken, yanlara eklenen şamandıralar yüzerlilik ve stabilite sağlayan yapılar da kullanılmaktadır. Bu tür tasarımlar düşük maliyetli mekanik yapı sunmasının yanı sıra, kolay taşıma ve bakım gibi operasyonel avantajlar da sunar. Özellikle düşük güç tüketimi hedeflenen kompakt İYA'lar için bu modüler ve hafif yapılandırma ideal olabilir. Bu tür plastik kutular, elektronik bileşenlerin su girişinden korunması için su geçirmezlik sağlamak üzere tasarlanır (Ryu 2022).

Deniz ortamında İYA'ların güvenilir ve işlevsel kalabilmesi için su geçirmezlik ve yapısal bütünlük önemlidir. Özellikle hassas elektronik bileşenleri su hasarından korumak ve aracın değişen deniz koşullarına dayanıklılığını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Malzeme seçimi ve gövde tasarımı, bu hedeflere ulaşmada merkezi bir rol oynar. Örneğin, PVC boruların kullanımı, İYA gövdesinin kolay monte edilip demonte edilebilir olmasını sağlayarak hem yapısal tasarım esnekliği sunar hem de elektronik parçalara su girişini azaltmaya yardımcı olur. Birden fazla sensörün geniş bir alana entegre edilmesini kolaylaştırır. Alüminyum ise İYA gövde ve çerçeve yapılarında sıkça tercih edilen bir malzeme olup hafifliği ve yüksek mukavemeti sayesinde yapısal sağlamlığa büyük katkı sağlarken, aynı zamanda korozyona ve aşınmaya karşı yüksek direnciyle uzun ömürlü bir koruma sunar. Elektronik bileşenlerin korunması için su geçirmez kutular veya muhafazalar oluşturmada alüminyumun kullanılması, sızdırmazlığı garanti eder. Fiberglas ve epoksi reçine kombinasyonu, özellikle katamaran gibi çift gövdeli tasarımlarda geliştirilmiş direnç ve dayanıklılık sunarak aracın yapısının sağlamlığını artırır. Fiberglasın korozyon önleyici özellikleri deniz suyu gibi zorlu ortamlarda uzun süreli performansı destekler. ABS plastik kutular ve yüzer eklentiler sistemin genel mekanik yapısını düşük maliyetle oluştururken, elektronik aksamın su girişinden korunması için etkili bir su geçirmezlik bariyeri sağlar. Genel olarak İYA'larda sensörler, kontrol üniteleri ve diğer hassas donanımlar için özel olarak tasarlanmış su geçirmez muhafazalar veya kutular kullanılır. Kutular sistemin geri kalanından ayrı tutularak veya gövdeye entegre edilerek, suyun neden olabileceği hasarı önler ve aracın görevlerini güvenle yerine getirmesini sağlar.

Tüm bu malzeme seçimleri ve yapısal yaklaşımlar İYA'ların zorlu su ortamlarında güvenilir bir şekilde çalışmasını ve hassas ölçümler yapabilmesini sağlamak üzere su geçirmezliği ve yapısal bütünlüğü en üst düzeye çıkarmayı amaçlar.

SONUÇ

İYA gövde tasarımı ve malzeme seçimi, aracın görev başarısını doğrudan etkileyen kritik unsurlardır. Tekne formunun belirlenmesinde görev senaryosu, çevresel koşullar, hız gereksinimleri ve yük özellikleri dikkate alınmalıdır. Tek kabuklular yüksek manevra kabiliyeti ve düşük maliyetleriyle dar alan ve akıntılı ortamlara uygunken; katamaranlar yüksek stabilite ve yük kapasitesiyle araştırma platformlarında öne çıkar. Malzeme seçiminde PVC ve ABS plastik düşük maliyet ve modülerlik sunarken, alüminyum hafiflik ve mukavemet, fiberglas ise uzun ömür ve korozyon direnci sağlar. Su geçirmez muhafazalar, hassas elektronik ekipmanın korunması için vazgeçilmezdir. Genel olarak, doğru gövde ve malzeme kombinasyonu, İYA'ların zorlu su ortamlarında güvenilir, verimli ve uzun ömürlü bir şekilde görev yapmasını sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Abidin, M. I. Z., Ismail, K., Zawawi, F. M., Elabd, O. E. S. A. A., Abdelmetaal, A., & Nor, N. S. M. (2024). Evaluation of Autonomous Navigation and Path Accuracy for Unmanned Surface Vehicles Using IMU Sensor and GPS Data. *Journal of Transport System Engineering*, 11(2), 14–20.

Balbuena, J., Quiroz, D., Song, R., Bucknall, R., & Cuellar, F. (2017). Design and Implementation of an USV for Large Bodies of Fresh Waters at the Highlands of Peru. *OCEANS 2017*, pp. 1-8, Anchorage, AK.

Dsouza, V. L., Dsouza, S. F., Sarosh, M., Kukkilaya, S., Chilimbi, V., & Fernandes, S. R. (2021). Remotely controlled boat for water quality monitoring and sampling. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2391–2400.

Giraldo-Pérez, E., Betancur, E., & Osorio-Gómez, G. (2022). Experimental and statistical analysis of the hydrodynamic performance of planing boats: A comparative study. *Ocean Engineering*, 262, 112227.

Idris, M. H. B. M., Sahalan, M. I., Kamarudin, M. A. B. C., Abidin, Z. B. Z., & Rashid, M. M. (2016). Design and Development of an Autonomous Surface Vessel for Inland Water Depth Monitoring. *2016 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE)* (pp. 177-182). IEEE.

Jo, W., Hoashi, Y., Aguilar, L. L. P., Postigo-Malaga, M., Garcia-Bravo, J. M., & Min, B. C. (2019). A low-cost and small USV platform for water quality monitoring. *HardwareX*, 6, e00076.

Kumar, D., Ghorbanpour, A., Yen, K., & Soltani, I. (2024). Design and implementation of a dual uncrewed surface vessel platform for bathymetry research under high-flow conditions. *IPTEK, The Journal of Engineering*, 10(3), 205–229.

Madeo, D., Pozzebon, A., Mocenni, C., & Bertoni, D. (2020). A low-cost unmanned surface vehicle for pervasive water quality monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(6), 1433–1444.

Melo, M., Mota, F., Albuquerque, V., & Alexandria, A. (2019). Development of a Robotic Airboat for Online Water Quality Monitoring in Lakes. *Robotics*, 8(1), 19.

Mendoza-Chok, J., Luque, J. C. C., Salas-Cueva, N. F., Yanyachi, D., & Yanyachi, P. R. (2022). Hybrid Control Architecture of an Unmanned Surface Vehicle Used for Water Quality Monitoring. *IEEE Access*.

Paravisi, M., Santos, D. H., Jorge, V., Heck, G., Gonçalves, L. M., & Amory, A. (2019). Unmanned surface vehicle simulator with realistic environmental disturbances. *Sensors*, 19(5), 1068.

Poundraa, G. A. P., Adityaa, B. K., & Widiyantoa, S. (2024). Hydrodynamic force comparison on multi-hull, monohull and single-to-twin after ship hull (STASH) based on seakeeping criteria. *IPTEK, The Journal of Engineering*, 10(3), 205–229.

Ryu, J. H. (2022). Prototyping a low-cost open-source autonomous unmanned surface vehicle for real-time water quality monitoring and visualization. *HardwareX*, 12, e00369.

Temilolorun, A., & Singh, Y. (2024). Towards Design and Development of a Low-Cost Unmanned Surface Vehicle for Aquaculture Water Quality Monitoring in Shallow Water Environments.

Tran, H. D., Nguyen, N. T., Cao, T. N. T., Gia, L. X., Ho, K., Nguyen, D. D., ... & Truong, V. N. (2024). Unmanned surface vehicle for automatic water quality monitoring. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 496, p. 03005). EDP Sciences.

Vargas, S. M., Vitale, A. J., Genchi, S. A., Nogueira, S. F., Arias, A. H., Perillo, G. M. E., Siben, A., & Delrieux, C. A. (2023). Monitoring multiple parameters in complex water scenarios using a low-cost open-source data acquisition platform. *HardwareX*, 16, e00492.

Zakki, A. F., Windyandari, A., Suharto, & Ramadhan, A. (2019). Comparative study on catamaran and monohull for the hull form design of livestock carrier. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(4), 2074–2089.

Zhartybayeva, M., Serik, N., Nurzhanova, A., Rakhimov, R., & Tulegenova, S. (2024). Development of an integrated approach to the analysis and forecast of hydrographic and bathymetric data of water bodies and tailings ponds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10 (127)), 36–46.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

INNOVATIVE ACTIVATION FUNCTION BASED ON THE MITTAG-LEFFLER FOR TIME SERIES PREDICTION: A NOVEL APPROACH BEYOND TRADITIONAL RELU

Yeserra HIZLIOĞLU
Sakarya University of Applied Sciences, Technology Faculty, Computer Engineering
ORCID: 0009-0000-4019-5189

Dr. Öğr. Üyesi Sertaç ERMAN
Sakarya University of Applied Sciences, Technology Faculty, Department of Engineering Fundamental Sciences
ORCID: 0000-0002-3156-5173

ABSTRACT
In this study, a new activation function named Fsigmoid is defined using the MittagLeffler function. Additionally, the potential benefits of using Fsigmoid instead of the traditional Rectified Linear Unit (ReLU) activation function in time series prediction are demonstrated. The Mittag-Leffler function, distinguished by its broader mathematical generalization, exhibits feature that make it stand out in comparison. The article discusses how employing Fsigmoid as an activation function can enhance the ability of deep learning models to make more effective predictions in time series datasets. Furthermore, it experimentally demonstrates improvements in model performance compared to the traditional ReLU. This work proposes that the Fsigmoid activation function may prove particularly effective in time series exhibiting non-linear and long-term dependencies, offering a novel perspective for future research in this domain.
Keywords: Mittag-Leffler Function, Activation Function, Time Series Forecasting, Neural Networks

INTRODUCTION
In recent years, the pervasive integration of deep learning methodologies into diverse domains has precipitated a paradigm shift in the landscape of time series forecasting. The omnipresence of time-dependent data across fields such as finance, healthcare, and transportation has catalyzed an increasing demand for more robust and accurate predictive models. This burgeoning interest is fueled by the perpetual pursuit of heightened predictive accuracy, a paramount attribute in applications where informed decisions hinge on the foresight of future temporal developments.
The core impetus driving the exploration of deep learning in time series forecasting lies in the innate capacity of these models to discern intricate temporal dependencies embedded within sequential data. Traditional methodologies often struggle to capture the nuanced patterns present in time series data, necessitating the exploration of advanced techniques rooted in deep learning. As the recognition of deep learning's unparalleled ability to unravel intricate temporal dependencies in sequential data grows, numerous studies have emerged, each pushing the boundaries of time series forecasting by harnessing the power of advanced techniques rooted in deep learning. A plethora of studies has contributed to advancing the field of time series forecasting using deep learning models. Kuremoto et al. [1] introduced a method employing deep belief networks with restricted Boltzmann machines for time series prediction. Che et al. [2] proposed Interpretable Mimic Learning, a knowledge-distillation approach, to achieve robust predictions while maintaining interpretability.

Duan et al. [3] explored the effectiveness of LSTM neural networks for travel time prediction, demonstrating promise in capturing sequential dependencies. Singh and Srivastava [4] delved into deep learning for stock prediction, evaluating performance on financial time series data. Jie et al. [5] introduced EnsemLSTM, an ensemble method incorporating LSTMs, SVRM, and EO for time series prediction, particularly in wind speed forecasting. Purushotham et al. [6] benchmarked deep learning models for clinical prediction tasks, showcasing their superiority in utilizing raw clinical time series data. Long et al. [7] proposed MFNN for feature extraction in financial time series, emphasizing the importance of purpose-designed networks. Sen et al. [8] introduced DeepGLO, a deep forecasting model, thinking globally and acting locally for high-dimensional time series. Zhang et al. [9] developed a novel CEEMD-PCA-LSTM hybrid model for stock market prediction.

In this context, the activation function, a pivotal component of neural network architecture, assumes a critical role in shaping the model's capacity to capture and represent the underlying temporal intricacies. Various studies exist in the literature on many different types and characteristics of activation functions. To gain more detailed information about activation functions, it is recommended to review comprehensive studies [10], [11] and [12], which involve an in-depth examination of the existing literature.

The most widely used and popular activation function among activation functions is Rectified Linear Unit (ReLu) [13], defined as

$$f(x) = \max(0, x). \tag{1}$$

In this study, with the help of the Mittag-Leffler function, a new activation function, which we call Fsigmoid, has been defined by generalizing the exponential component of the sigmoid activation function, defined as

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}. \tag{2}$$

Additionally, we investigate the potential benefits of using Fsigmoid activation function, by comparasing with ReLU activation function in time series prediction.

FRACTIONAL SIGMOID FUNCTION (FSIGMOID)

The Fsigmoid function is a generalization of the sigmoid function (2) using the Mittag-Leffler function. In this section, we will first discuss the Mittag-Leffler function and its basic properties, followed by an examination of the Fsigmoid function.

The Mittag-Leffler function, denoted as $E_\alpha(z)$, is a complex function that generalizes exponential function. It is defined by the series:

$$E_\alpha(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(\alpha n + 1)}, \quad \alpha > 0, \quad z \in \mathbb{C},$$

where α is parameter, and Γ represents the gamma function. It was initially introduced by G.M. Mittag-Leffler at the beginning of the last century.

Later, the Mittag-Leffler function with two-parameter $E_{\alpha,\beta}(z)$ was introduced in paper [14] as follows:

$$E_{\alpha,\beta}(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{z^n}{\Gamma(\alpha n+\beta)},\quad \alpha>0,\quad \beta\in\mathbb{C}\quad z\in\mathbb{C}, \tag{3}$$

where α and β are parameters, and Γ represents the gamma function. Following the studies [15], [16], [17], the Mittag-Leffler function started to gain popularity. Due to its direct connection with fractional differential equations and Abel-type integral equations, which are more effective in modeling many physical phenomena, it has been a subject of intense research in the last four decades. As a result, there are numerous studies in the literature examining the mathematical properties of the Mittag-Leffler function and the results obtained from these properties. For more detailed information on the Mittag-Leffler function, you may refer to monograph [18].
It is clear from (3) that when $\alpha=\beta=1$, the exponential function is obtained as follow:

$$E_{1,1}(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{z^n}{\Gamma(n+1)}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{z^n}{n!}=e^z,$$

and thus, the Mittag-Leffler function can be considered as a generalization of the exponential function.
The following recurrence relations and derivative formula are held [19].

$$E_{\alpha,\beta}(z)=zE_{\alpha,\alpha+\beta}(z)+\frac{1}{\Gamma(\beta)}, \tag{4}$$

$$E_{\alpha,\beta}(z)=\beta E_{\alpha,\beta+1}(z)+\alpha z\frac{d}{dz}E_{\alpha,\beta+1}(z), \tag{5}$$

$$\frac{d}{dz}E_{\alpha,\beta}(z)=\frac{E_{\alpha,\beta-1}(z)-(\beta-1)E_{\alpha,\beta}(z)}{\alpha z}. \tag{6}$$

It has been shown that the function defined in series form and its derivative can be computed to the desired tolerance value [20], [21], [22], [23], [24]. Thus, the value of the function can be calculated with quite good performance in Matlab (and similar applications) for different z, α and β values .

Definition 1. *The Mittag-Leffler function with absolute gamma function is defined as follows:* $E_{|\alpha,\beta|}(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{z^n}{|\Gamma(\alpha n+\beta)|}$, *where* α *and* β *are real parameters.*

Definition 2. *The Fractional Sigmoid Function (Fsigmoid), denoted as* $\sigma_{\alpha,\beta}(z)$, *is a function that generalizes the sigmoid function. It is defined as follows:*

$$\sigma_{\alpha,\beta}(x)=\frac{1}{1+E_{|\alpha,\beta|}(-x)},\quad x\in\mathbb{R}, \tag{7}$$

where x *is the input parameter,* α *and* β *are shape parameters, and* $E_{|\alpha,\beta|}$ *represents the Mittag-Leffler function with absolute gamma function.*

The equation $1 + E_{\alpha,\beta}(-x) = 0$ can be solved numerically. It is found that there is no root for the equation when $0 < \alpha < 5$ and $0 < \beta < 5$ for $|x| \leq 1$. In this study, experiments were conducted with $0 < \alpha \leq 2$, $0 < \beta \leq 2$, and $|x| < 1$. Graphs in Figure 1 were plotted for various values of α and β to demonstrate the variability and flexibility of Fsigmoid with respect to α and β.

According to the values of the α and β parameters, Fsigmoid exhibits a wide range of behaviors between a character that resembles a sigmoid and a monotonically increasing character. The α and β parameters directly affect the rate of change of Fsigmoid's values, its local extrema, and inflection points. Thus, it offers a general usage possibility for data with different topologies and different artificial neural network models. If these parameters are considered as trainable parameters, the character of the activation function can be determined by the model.

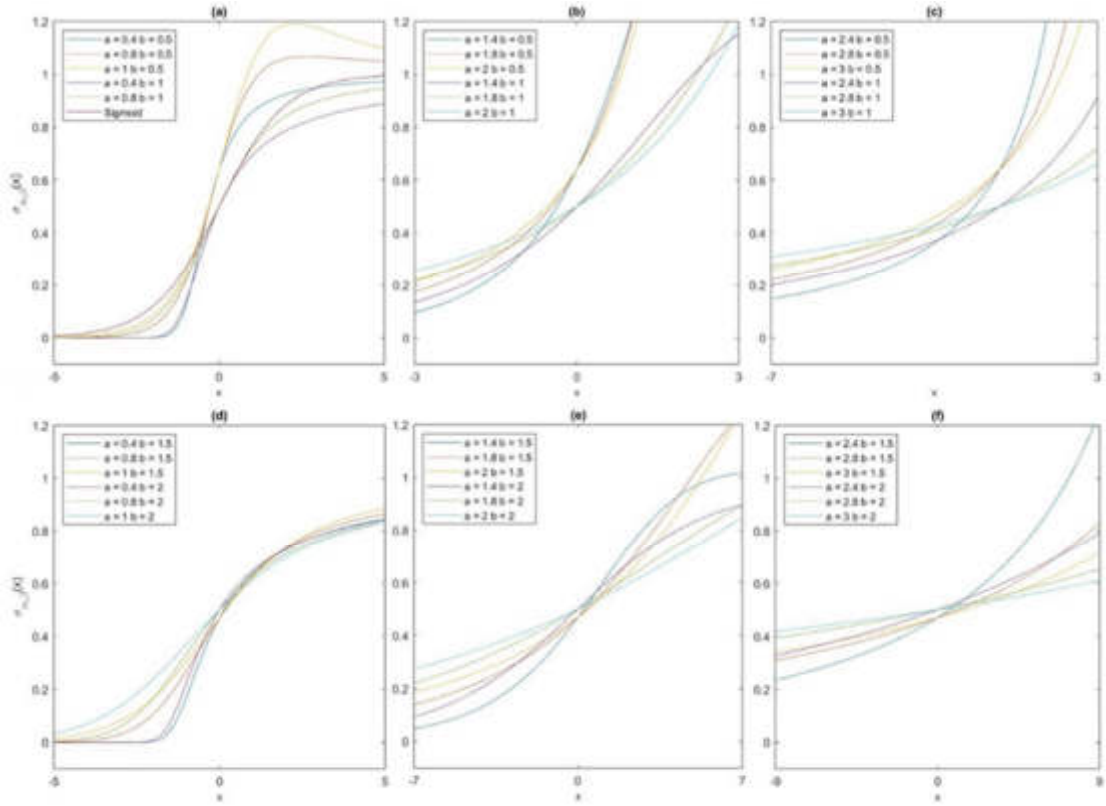


Figure 1 : Fsigmoids for $0 < \alpha \leq 2$, $0 < \beta \leq 2$

The Fsigmoid function can be expressed as follows for some specific values of its parameters.

$$\sigma_{1,1}(x) = \frac{1}{1+e^{-x}},$$

$$\sigma_{2,1}(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{1+\cos(\sqrt{x})} & \text{if} \quad x \geq 0 \text{ and } x \neq (\pi + 2k\pi)^2 \\ \dfrac{1}{1+\cosh(\sqrt{-x})} & \text{if} \quad x < 0 \end{cases},$$

$$\sigma_{1,2}(x) = \frac{x}{1+x-e^{-x}}$$

$$\sigma_{2,2}(x) = \begin{cases} \dfrac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sin(\sqrt{x})} & \text{if} \quad x > 0 \\ \dfrac{1}{2} & \text{if} \quad x = 0 \\ \dfrac{\sqrt{-x}}{\sqrt{-x}+\sinh(\sqrt{-x})} & \text{if} \quad x < 0 \end{cases}.$$

Additionally, as a direct result of the recursive relation (4) and the derivative formula (6), we obtain the following derivative formula of Fsigmoid in terms of itself.

Proposition 1. *Let* $x \neq 0$ *and* $\sigma_{\alpha,\beta-1}(x) \neq 0$ *then there holds the formula*

$$\frac{d\sigma_{\alpha,\beta}(x)}{dx} = \frac{\sigma_{\alpha,\beta}^2(x)}{\alpha x \sigma_{\alpha,\beta-1}(x)}\left(1 + (\beta-2)\sigma_{\alpha,\beta-1}(x)\right) + \frac{1-\beta}{\alpha x}\sigma_{\alpha,\beta}(x).$$

The Fsigmoid function is a generalization of the sigmoid function (2) using the Mittag-Leffler function. In this section, we will first discuss the Mittag-Leffler function and its basic properties, followed by an examination of the Fsigmoid function.

EXPERIMENT with FSIGMOID

Dataset and Preprocessing

The dataset under examination [25], titled "Daily Minimum Temperatures in Melbourne", serves as a temporal record of the daily minimum temperature measurements within the city. Encompassing the timeframe from 1981 to 1990, this dataset encapsulates a detailed account of daily temperature observations.

Dataset Description

Comprising essential information for our study, the dataset incorporates two key columns:

- **Date:** This column designates the specific date corresponding to each entry, elucidating the precise day of temperature measurement.
- **Temperature:** Recorded in Celsius, this column documents the daily minimum temperature measurements.

Dataset Characteristics

Each individual row in the dataset signifies the daily minimum temperature measurement for a specific date. The overall row count varies, contingent on the covered date range. As a time series dataset, it offers an extensive record of the daily minimum temperatures in Melbourne, furnishing valuable insights into temperature patterns throughout the specified period. Figure 2 illustrates the trend of daily minimum temperatures in Melbourne over the observed period.

This dataset serves as the basis for our regression analysis, where we evaluate the efficacy of ReLU and Fsigmoid activation functions. Furthermore, Figure 3 provides insight into the distribution of daily minimum temperatures in Melbourne, highlighting the variability and range of temperature values encountered in the dataset.

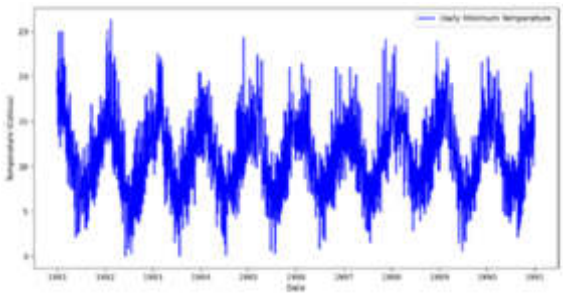


Figure 2 : Daily Minimum Temperatures in Melbourne

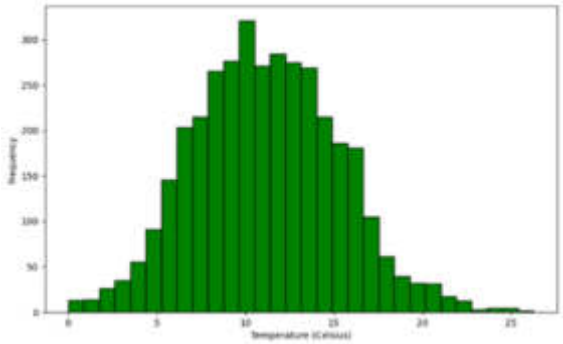


Figure 3: Distribution of Daily Minimum Temperatures in Melbourne

Experimental Set Up

This study examines the application of fully connected neural networks, a powerful model in the field of deep learning, specifically adapted for time series prediction. Activation functions play a key role in managing inter-layer communication within neural networks. While ReLU stands as a widely adopted option, this research aims to enhance the understanding of its effectiveness in this context by focusing on the exploration of the Fsigmoid function as an alternative activation function. The investigation of these activation functions contributes to advancing the comprehension of neural network dynamics in time series prediction tasks.

Fsigmoid and ReLU activation functions have been compared for training a fully connected neural network model on the dataset described above. The effectiveness of the Fsigmoid function has been investigated for all combinations of parameter values $\alpha = 0.2, 0.4, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.8, 2$, and $\beta = 0.2, 0.4, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.8, 2$. Aditionally, we evaluate Fsigmoid with trainable parameters α and β.

The performance metrics, including Mean Squared Error (MSE) and R-squared (R^2), were used to evaluate the effectiveness of the models. Comparisons were quantitatively expressed using the performance metrics.

MSE is a commonly used metric to quantify the average squared differences between predicted and actual values in a regression problem. It is calculated using the following formula:

$\text{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$,

where n is the number of data points, y_i represents the actual values, and $\hat{y}_i$ denotes the predicted values. A lower MSE indicates better model performance.

The R^2 score, also known as the Coefficient of Determination, is a metric commonly used to evaluate the performance of regression models. It represents the proportion of the variance in the dependent variable (the target) that is predictable from the independent variables (the features). Ranging between 0 and 1, with 1 indicating a perfect fit, the R^2 score measures how well the model captures the variability of the data. However, it can also take on negative values, indicating that the model performs worse than a horizontal line.

The R^2 score is calculated using the following formula:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

Here:

- SS_{res} denotes the residual sum of squares, which represents the total error of the model.
- SS_{tot} denotes the total sum of squares, which represents the total variance in the dependent variable.

Therefore, the R^2 score reflects the proportion of the total variance that is explained by the model. The closer the score is to 1, the better the model fits the data. However, it should be noted that the R^2 score alone may not provide a complete assessment of model performance and should be complemented with other metrics.

RESULTS

The experiments were conducted on the "Daily Minimum Temperatures in Melbourne" time series dataset using both the traditional ReLU activation function and the proposed Fsigmoid activation function. Models were created using DB + ReLU and DB + Fsigmoid activation functions, and the MSE rates of these models were examined. The results of the median of 5 runs are as follows for specific values of α and β:

Table 1: Comparative Analysis of ReLU and Fsigmoid Activation Functions. This table presents MSE rate and R^2 score metrics for ReLU and Fsigmoid activation functions across various configurations. The configurations of α and β yielding the top 5 results for Fsigmoid are listed.

Activation Function			**MSE Rate**	**R^2 Score**
ReLU			5.01325	0.7028
Fsigmoid	α	β		
	1	0.6	4.90169	0.7095
	2	0.4	4.93394	0.7076
	2.2	0.8	5.01753	0.7026
	2.8	1.8	5.01852	0.7026
	2.2	0.2	5.06083	0.7001

The results presented in Table 1 demonstrate the performance of ReLU and Fsigmoid activation functions across various configurations. ReLU achieved an MSE of 5.01325 and an R^2 score of 0.7028. Among the Fsigmoid configurations, $\alpha = 1.0$ and $\beta = 0.6$ exhibited the best performance, with an MSE of 4.90169 and an R^2 score of 0.7094.

Other configurations of Fsigmoid also showed competitive performance compared to ReLU, indicating the effectiveness of Fsigmoid in neural network training.

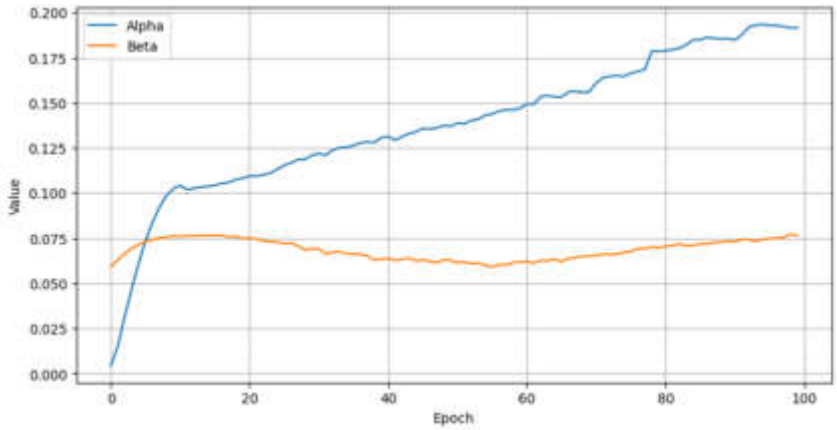


Figure 4 : Evolution of α and β during Training

When α and β parameters are considered as trainable parameters, the results obtained after 100 epochs are demonstrated in Table 2. At the end of the training, with $\alpha = 0.191519$ and $\beta = 0.07649$ values, MSE rate=4.927234 and R^2 score=0.707966 are achieved. It is shown that Fsigmoid yields better results compared to ReLU. In Figure 4, the variation of alpha and beta functions throughout the training can be observed.

Table 2: Results Obtained with Trainable α and β Parameters in Fsigmoid Activation Functions

α	β	**MSE Rate**	R^2 **Score**
0.191519	0.07649	4.927234	0.707966

CONCLUSION

The superior performance of Fsigmoid for specific values of α and β, suggests its potential as an alternative to ReLU in neural network architectures. The flexibility offered by FSigmoid's tunable parameters allows for fine-tuning the activation function to better suit the characteristics of the dataset and the model architecture.

These findings emphasize that the choice of activation functions can significantly impact model performance. The Fsigmoid function appears to be an alternative activation function worth considering, especially in models dealing with time series data.

However, it is important to support the obtained results with experiments on a larger dataset and with different parameter settings for generalizability and statistical reliability. Future studies should further explore the effects of the using Mittag-Leffler function in activation functions on the several models.

REFERENCES

[1] Kuremoto, T., Kimura, S., Kobayashi, K., Obayashi, M.: Time series forecasting using a deep belief network with restricted boltzmann machines. Neurocomputing 137, 47–56 (2014) https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.03.047

[2] Che, Z., Purushotham, S., Khemani, R., Liu, Y.: Distilling Knowledge from Deep Networks with Applications to Healthcare Domain (2015)

[3] Yanjie, D., Yisheng, L.V., Wang, F.-Y.: Travel time prediction with lstm neural network. In: 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 1053–1058 (2016). https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795686

[4] Singh, R., Srivastava, S.: Stock prediction using deep learning. Multimedia Tools and Applications 76, 18569–18584 (2017) https://doi.org/10.1007/s11042-016-4159-7

[5] Chen, J., Zeng, G.-Q., Zhou, W., Du, W., Lu, K.-D.: Wind speed forecasting using nonlinear-learning ensemble of deep learning time series prediction and extremal optimization. Energy Conversion and Management 165, 681–695 (2018) https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.03.098

[6] Purushotham, S., Meng, C., Che, Z., Liu, Y.: Benchmarking deep learning models on large healthcare datasets. Journal of Biomedical Informatics 83, 112–134 (2018) https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.04.007

[7] Long, W., Lu, Z., Cui, L.: Deep learning-based feature engineering for stock price movement prediction. Knowledge-Based Systems 164, 163–173 (2019) https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.10.034

[8] Sen, R., Yu, H.-F., Dhillon, I.: Think Globally, Act Locally: A Deep Neural Network Approach to High-Dimensional Time Series Forecasting (2019) 9

[9] Zhang, Y., Yan, B., Aasma, M.: A novel deep learning framework: Prediction and analysis of financial time series using ceemd and lstm. Expert Systems with Applications 159, 113609 (2020) https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113609

[10] Apicella, A., Donnarumma, F., Isgro, F., Prevete, R.: A survey on modern trainable acti- ` vation functions. Neural Networks 138, 14–32 (2021) https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.01.026

[11] Szandała, T.: Review and comparison of commonly used activation functions for deep neural networks. In: Kumar, B.A., Kumar, M.P., Chuan-Ming, L., E., B.V. (eds.) Bioinspired Neurocomputing, pp. 203–224. Springer, Singapore (2021). https://doi.org/10.1007/978-981-15-5495-7 11

[12] Kilicarslan, S., Adem, K., Celik, M.: An overview of the activation functions used in deep learning algorithms. Journal of New Results in Science 10(3), 75–88 (2021) https://doi.org/10.54187/jnrs.1011739

[13] Nair, V., Hinton, G.E.: Rectified linear units improve restricted boltzmann machines. In: Proceedings of the 27th International Conference on International Conference on Machine Learning. ICML'10, pp. 807–814. Omnipress, Madison, WI, USA (2010)

[14] Wiman, A.: Uber den fundamentalsatz in der teorie der funktionenea(x). Acta Mathe- ¨ matica 29, 191–201 (1905) https://doi.org/10.1007/BF02403202

[15] Fry, C.G., Hughes, H.K.: Asymptotic developments of certain integral functions. Duke Mathematical Journal 9(4), 791–802 (1942) https://doi.org/10.1215/ S0012-7094-42-00954-2

[16] Humbert, P.: Quelques resultats relatifs a la fonction de mittag-leffler. C.r. Acad. sci. Paris 236, 1467–1468 (1953)

[17] Humbert, P., Agarwal, R.P.: Sur la fonction de mittag-leffler et quelques-unes de ses gen´ eralisations. Bull. Sci. Math ´ 77(2), 180–185 (1953)

[18] Gorenflo, R., Kilbas, A.A., Mainardi, F., Rogosin, S.V.: Mittag-leffler functions, related topics and applications. Springer Monographs in Mathematics (2014)

[19] Haubold, H., Mathai, A., Saxena, R.K.: Mittag-leffler functions and their applications. Journal of Applied Mathematics 2011 (2011) https://doi.org/10.1155/2011/298628

[20] Gorenflo, R., Loutchko, J., Luchko, Y.: Computation of the mittag-leffler function and its derivatives. Fractional Calculus & Applied Analysis 5, 491–518 (2002)

[21] Ortigueira, M., Lopes, A., Machado, J.T.: On the numerical computation of the mittag–leffler function. International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation 20(6), 725–736 (2019) https://doi.org/10.1515/ijnsns-2018-0358

[22] Valerio, D., Machado, J.T.: On the numerical computation of the mittag-le ´ ffler function. 10 Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation 19(10), 3419–3424 (2014) https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2014.03.014

[23] Garrappa, R.: Numerical evaluation of two and three parameter mittag-leffler functions. SIAM Journal on Numerical Analysis 53(3), 1350–1369 (2015) https://doi.org/10.1137/ 140971191

[24] Garrappa, R., Popolizio, M.: Computing the matrix mittag-leffler function with applications to fractional calculus. Journal of Scientific Computing 77(10), 129–153 (2018) https://doi.org/10.1007/s10915-018-0699-5

[25] Ashfaque, J.M.: Daily Minimum Temperatures in Melbourne (2020). https://www. kaggle.com/datasets/ukveteran/daily-min-temperatures

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ACİL EYLEM PLANLARININ BELİRLENMESİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE UZAKTAN ALGILAMA (UA) TEKNİKLERİNİN ROLÜ VE ÖNEMİ

Öğr. Gör. Fatma Şenay DEMİREL YEŞİLMEŞE
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı
ORCID: 0000-0002-5390-384X

ÖZET
Acil durum eylem planları, herhangi bir afet, yangın, kaza, deprem, heyelan, patlama, sel gibi acil durum meydana geldiğinde; olumsuz etkileri azaltmak, insanların can ve mal güvenliğini korumak ve düzeni sağlamak için hazırlanan yol haritalarıdır. Belirsizlik, afet anlarının en büyük sorunlarından biridir. Acil eylem planları sayesinde olası karmaşa önlenebilir ve gerekli müdahaleler ile çalışmalar hız kazanır. Acil durum eylem planlarının hazırlanmaması veya güncellenmemesinin olası bir afet veya krizin yol açtığı hasarı önemli ölçüde artırdığı bilindiğinden, acil durum eylem planlarının önemi her geçen gün artmaktadır. Günümüzde afet öncesi risk haritalarının oluşturulması ve tehlike analizi, potansiyel toplanma alanlarının ve boş arazilerin tespiti, afet sonrası kapanan yolların belirlenmesi, yıkılan yerleşim alanlarının tespiti, afet sırasında yangın yayılımı gibi birçok analiz için Uzaktan Algılama(UA) teknikleri kullanılmaktayken, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile tehlike haritaları oluşturularak risklerin mekânsal dağılımı görülebilmekte, en kısa tahliye güzergahları belirlenebilmekte, acil ulaşım süresi hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, Acil durum eylem planlarının belirlenmesinde UA ve CBS tekniklerinin rolü araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, güncel, geniş alanlı ve hızlı mekânsal verilerin sağlanması için Uzaktan Algılama (UA), bu verileri işleyip analiz ederek risk, kapasite, tahliye ve müdahale planlarını oluşturmak için ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin sıklıkla kullanıldığı ve aynı zamanda UA ve CBS entegrasyonu ile acil durum eylem planlarının daha bilimsel, daha güncel, hayat kurtarıcı ve daha hızlı hale geldiği görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Acil Durum Eylem Planı, Coğrafi Bilgi Sistemi, Uzaktan Algılama.

THE ROLE AND IMPORTANCE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND REMOTE SENSING (RS) TECHNIQUES IN DETERMINING EMERGENCY ACTION PLANS

ABSTRACT
Emergency action plans are roadmaps prepared to mitigate adverse effects, protect life and property, and maintain order in the event of an emergency such as a disaster, fire, accident, earthquake, landslide, explosion, or flood. Uncertainty is one of the biggest problems during disasters. Emergency action plans can prevent potential chaos and accelerate necessary interventions and operations. Because failure to prepare or update emergency action plans significantly increases the damage caused by a potential disaster or crisis, the importance of emergency action plans is increasing daily. Currently, Remote Sensing (RS) techniques are used for many analyses, such as creating pre-disaster risk maps and hazard analysis, identifying potential assembly areas and vacant lots, identifying post-disaster road closures, identifying destroyed settlements, and determining the spread of fire during disasters. Geographic Information Systems (GIS) can create hazard maps to visualize the spatial distribution of risks, identify the shortest evacuation routes, and calculate emergency transportation times.

This study investigates the role of RS and GIS techniques in developing emergency action plans. As a result of the research, it was seen that Remote Sensing (RS) is frequently used to provide up-to-date, wide-area and fast spatial data, and Geographic Information Systems (GIS) are frequently used to process and analyze this data to create risk, capacity, evacuation and response plans, and at the same time, emergency action plans become more scientific, more up-to-date, life-saving and faster with the integration of RS and GIS.
Keywords: Emergency Action Plan, Geographic Information System, Remote Sensing.

GİRİŞ

Acil eylem planları, afet sonrası müdahale süreçlerine hız kazandırmak, kaynakların daha etkin bir şekilde kullanımını sağlamak ve can–mal kayıplarını en aza indirgemek amacıyla geliştirilen stratejik planlardır (Alexander, 2002). Bu planların etkinliği, güncel ve doğru mekânsal bilgilere dayalı karar verme süreçlerinin başarısına bağlıdır. Dolayısıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri acil eylem planlarının belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, acil durum eylem planlarının belirlenmesinde UA ve CBS tekniklerinin rolü araştırılmıştır.

ACİL DURUM EYLEM PLANLARININ BELİRLENMESİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS)'NİN ROLÜ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), konuma dayalı verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi, yönetimi ve görselleştirilmesi işlevlerini sağlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir (Burrough ve McDonnell, 1998). CBS'nin temel amacı, mekânsal veriler ile öznitelik verilerini bir araya getirmek ve bu veriler ile karmaşık problemlere çözüm üretmektir (Longley ve ark., 2015). Dolayısıyla CBS yalnızca haritalama aracı değil, aynı zamanda mekânsal karar destek sistemidir.

Acil durum eylem planları, afet öncesinde hazırlık, afet sırasında müdahale ve afet sonrasında iyileştirme aşamalarını kapsar. Bu aşamaların tümünde CBS önemli katkılar sağlamaktadır. Deprem fay hatları, heyelan alanları veya endüstriyel tesislerden kaynaklanabilecek tehlikeler CBS üzerinde modellenerek risk haritaları üretilebilmektedir (Şen ve Düzgün, 2010). Böylece hangi bölgenin daha yüksek tehlike altında olduğu belirlenebilmektedir. Hastaneler, toplanma alanları ve itfaiye merkezleri gibi önemli tesisler CBS ortamında analiz edilerek, en uygun ve erişilebilir konumların belirlenmesi sağlanır (Erdin ve ark., 2023). CBS'nin ağ analiz yöntemleri kullanılarak, afet sırasında kullanılabilecek en güvenli ve en hızlı tahliye güzergâhları tespit edilebilmektedir (Zhou ve ark., 2019). CBS tabanlı modeller ile farklı afet senaryoları (örneğin 6.0 büyüklüğünde deprem, 50 yıllık taşkın senaryosu) oluşturulabilir. Bu senaryolar, acil eylem planlarının hazırlık aşamasında karar vericilere ışık tutar (Sun ve Xiong, 2023).

CBS, afet yönetiminde risklerin belirlenmesi, konum bazlı analizlerin yapılması ve karar destek süreçlerinin geliştirilmesi açısından kritik bir sistemdir. CBS tabanlı sistemler sayesinde tehlike bölgeleri modellenebilmekte, güvenli tahliye yolları oluşturulabilmekte ve toplanma alanları konumlandırılabilmektedir (Şen ve Düzgün, 2010). Ayrıca, CBS gerçek zamanlı veri işleme yeteneği sayesinde afet anında karar destek sistemlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Goodchild, 2020).

ACİL DURUM EYLEM PLANLARININ BELİRLENMESİNDE UZAKTAN ALGILAMA (UA)'NIN ROLÜ

Uzaktan algılama (UA), herhangi bir nesne veya olay hakkında fiziksel temas olmaksızın elektromanyetik dalgalar aracılığıyla bilgi elde edilmesine olanak sağlayan bilim ve teknolojidir (Lillesand ve ark., 2015). Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, insansız hava araçları (İHA) ve radar sistemleri, UA'nın en önemli veri kaynaklarıdır. UA sayesinde geniş alanlara ait veriler hızlı, güncel ve tekrarlanabilir bir şekilde elde edilmektedir ve bu veriler afet yönetimi süreçlerinde kritik öneme sahiptir.

UA, afetlerin önleme, hazırlık, müdahale ve iyileştirme gibi tüm aşamalarında önemli katkılar sağlamaktadır. UA ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiklikleri, heyelan duyarlılık alanları, yangın potansiyeli taşıyan bölgeler ve taşkın için riskli alanlar belirlenebilmektedir (Gorsevski ve ark., 2016). Bu veriler acil durum eylem planlarının risk analiz aşamasında kullanılmaktadır. Meteorolojik uydular, radar görüntüleri ve çok zamanlı veriler aracılığıyla fırtına, sel veya kuraklık gibi olaylara karşı erken uyarı sistemleri geliştirilebilmektedir (Joyce ve ark., 2009). Deprem, sel veya yangın gibi afetlerin ardından yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve İHA verileri kullanılarak etkilenen alanların boyutu ve hasarın şiddeti hızlıca tespit edilebilmektedir (Voigt ve ark., 2007). UA verileri, hangi bölgelerde yardım gerektiğinin, hangi yolların kullanılamaz durumda olduğunun veya hangi altyapıların zarar gördüğünün belirlenmesine yardımcı olur. Bu bilgiler acil eylem planlarının etkin uygulanmasında önemli rol oynar (Li ve ark., 2020).

,

CBS VE UA ENTEGRASYONUNUN ÖNEMİ

CBS ve UA'nın entegrasyonu, afet yönetiminin önleme, hazırlık, müdahale ve iyileştirme gibi hemen her aşamasında sunduğu katkılar ile daha etkin ve sürdürülebilir eylem planlarının geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. UA ile elde edilen güncel mekânsal verilerin CBS ortamında analiz edilmesi ile risk alanları, tahliye güzergâhları ve kaynak dağılımı gibi konular daha sağlıklı biçimde planlanabilmektedir (Altan ve Kemper, 2010). Bu entegrasyon, sadece afet sonrası müdahaleyi değil, aynı zamanda afet öncesi hazırlık ve risk azaltma süreçlerini de desteklemektedir.

YAPILAN ÇALIŞMALAR

Voigt ve ark., tarafından 2007 yılında yapılan çalışmada, büyük afetler sırasında uydu görüntülerinden elde edilen bilgilerin kriz yönetimi için nasıl kullanıldığı gösterilmiştir. UA verilerinin afetin boyutunu ortaya çıkarmada, erişilemeyen alanların görüntülenmesinde ve hasar analizinde temel araç olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, UA verilerinin uluslararası yardım kuruluşları tarafından hızlı bir şekilde kullanılmasının, afet yönetiminde etkinliği artırdığı belirtilmiştir.

Joyce ve ark., tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada, doğal afetlerde uydu görüntüleme tekniklerinin durumu kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Afet türlerine göre (deprem, sel, yangın, fırtına vb.) UA tekniklerinin kullanımı ele alınmış, özellikle yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin afet öncesi ve sonrası analizlerde kritik rol oynadığı vurgulanmıştır. Görüntü işleme teknikleri sayesinde afet bölgelerinin sınırlarının belirlenmesi, zarar gören bölgelerin tespiti ve yardım planlarının oluşturulmasında UA'nın etkinliği ortaya konmuştur.

Altan ve Kemper tarafından 2010 yılında yapılan çalışmada, afet yönetiminde UA ve CBS'nin birlikte kullanımının önemi araştırılmıştır. Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve radar verilerinin CBS ortamına aktarılmasıyla afet öncesi risk haritaları ve tehlike alanları belirlenmiş ve afet sonrası hızlı hasar tespitinde sunduğu önemli avantajlar belirtilmiştir.

Ayrıca, afet sonrası yeniden yapılanma sürecinde mekânsal karar destek sistemleri için UA verilerinin CBS ile bütünleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Arazi kaymaları üzerine Gorsevski ve ark. tarafından 2016 yılında çalışmada da, CBS ve UA entegrasyonu ile riskli bölgeler belirlenmiştir. Mekânsal karar destek sistemleri geliştirilerek farklı kriterlere dayalı çok ölçütlü analizler yapılmış, risk haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar, afet öncesi hazırlık ve acil eylem planlarının daha doğru yapılmasına katkı sağlamıştır. Çalışma, UA verilerinin CBS'de kullanılmasının karar verme süreçlerini güçlendirdiğini göstermektedir.

Li ve ark., tarafından 2020 yılında yapılan çalışmada, afetlerde sosyal medya verileri ile UA verilerinin birlikte kullanımının sağladığı katkılar incelenmiştir. 2015 Güney Karolina sel felaketi örneğinde, uydu görüntüleri ve sosyal medya paylaşımları birleştirilerek hızlı sel haritaları oluşturulmuştur. Bu yaklaşımın, özellikle geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda acil eylem planları için oldukça faydalı olduğu sonucuna varılmıştır.

SONUÇ

CBS, acil durum eylem planlarının hazırlanmasında bilgi temelli, analitik ve mekânsal destek sağlayan bir altyapıdır. Risklerin belirlenmesi, kritik altyapıların planlanması, tahliye güzergâhlarının tasarımı ve gerçek zamanlı müdahalelerin yönetimi gibi pek çok süreç CBS sayesinde daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülebilmektedir.

Uzaktan algılama, acil eylem planlarının belirlenmesinde veri kaynağı ve güncel bilgi sağlayıcı rolü üstlenmektedir. Geniş alanları kapsayan, hızlı ve tekrarlanabilir veri elde etme kapasitesi sayesinde UA, afet öncesi risk azaltma çalışmalarından afet sonrası hasar tespitine kadar her aşamada kritik bir teknoloji konumundadır. CBS ile birlikte kullanıldığında ise, karar vericilere hem analitik hem de güncel mekânsal bilgi desteği sağlayarak acil durum eylem planlarının başarısını artırmaktadır.

CBS ve UA, afet yönetiminde tamamlayıcı teknolojiler olarak acil eylem planlarının belirlenmesinde önemli katkılar sunmaktadır. CBS'nin analitik gücü ile UA'nın sağladığı güncel mekânsal verilerin birleşimi, karar vericilere daha güvenilir ve hızlı çözümler üretme imkânı tanımaktadır. Literatürde de vurgulandığı üzere (Sun ve Xiong, 2023; Erdin ve ark., 2023), bu iki teknolojinin birlikte kullanımı, afetlere hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarının tümünde stratejik avantaj sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Alexander, D. E. (2002). Principles of emergency planning and management. oxford university press.

Altan, O., & Kemper, G. (2010). Remote sensing and GIS integration for disaster management. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65(6), 565–568.

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.

Erdin, H. E., Zengin Çelik, H., Sılaydın Aydın, M. B., & Partigöç, N. S. (2023). Afet ve Acil Durumlarda Sosyal Altyapı Alanlarının Toplanma Alanı Olarak Belirlenme Kriterleri ve Yöntemi. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 5(1), 1-21. https://doi.org/10.46464/tdad.1251998

Goodchild, M. F. (2020). GIScience and disaster management. International Journal of Digital Earth, 13(12), 1372–1387.

Gorsevski, P. V., Cathcart, S. C., Mirzaei, G., Jamali, M. M., & Ye, X. (2016). A group-based spatial decision support system for landslide hazard assessment. Computers & Geosciences, 90, 144–155.

Joyce, K. E., Belliss, S. E., Samsonov, S. V., McNeill, S. J., & Glassey, P. J. (2009). A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. Progress in Physical Geography, 33(2), 183–207.

Li, Z., Wang, C., Emrich, C. T., & Guo, D. (2020). A novel approach to leveraging social media for rapid flood mapping: a case study of the 2015 South Carolina floods. Cartography and Geographic Information Science, 45(2), 9

Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons.7–110.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic Information Science and Systems. Wiley.

Luo, T., Li, B., & Meng, Q. (2022). Comprehensive evaluation of emergency shelters in Wuhan City based on GIS. arXiv. https://arxiv.org/abs/2209.07687

Şen, B., & Düzgün, Ş. (2010). Integration of GIS and spatial decision support systems for disaster management. Natural Hazards and Earth System Sciences, 10(7), 1411–1423.

Sun, Y., & Xiong, F. (2023). GIS and remote sensing applications for sustainable urban planning and disaster risk reduction. Sustainability, 15(7), 6124.

Voigt, S., Kemper, T., Riedlinger, T., Kiefl, R., Scholte, K., & Mehl, H. (2007). Satellite image analysis for disaster and crisis-management support. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(6), 1520–1528.

Zhou, G., Wang, X., & Zhang, R. (2019). GIS-based emergency evacuation planning: A case study in China. Safety Science, 120, 614–626.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

OPTIMIZING HEALTHCARE RESOURCES THROUGH APPOINTMENT ATTENDANCE PREDICTION AND REAL TIME MODEL DRIFT MANAGEMENT

Abdurrahman KESKİN
R&D Data Scientist, Pusula Corporate Business Solutions
ORCID: 0000-0002-4986-6425

Özlem AKÇAKOCA
R&D Data Scientist, Pusula Corporate Business Solutions
ORCID: 0009-0006-3994-3227

Mihriban ÖZDEMİR
R&D Data Scientist, Pusula Corporate Business Solutions
ORCID: 0009-0004-3158-6582

ABSTRACT
Healthcare providers must maintain quality care while reducing costs and optimizing resource use. One major challenge is patients no-show behavior (failing to attend scheduled appointments) which results in wasted medical time, underused hospital resources, and disruptions in care delivery. Analysis reveals that 32.5% of patients fail to attend their scheduled appointments. To address this, a machine learning (ML) model was developed to predict appointment attendance. By analyzing patients sociodemographic data and past attendance behavior, the model identifies individuals likely to miss appointments, allowing hospitals to manage capacity more efficiently.

To sustain model accuracy and detect potential model drift, a monitoring module was integrated. This module evaluates distribution shifts between training and prediction datasets using the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test for numerical variables and the Chi-Square test for categorical ones. Each variable receives a drift score and severity level. An automated alert mechanism tracks changes in both data distribution and model performance, notifying system administrators when thresholds are breached.

During a two-month test phase involving 18,061 patients, the models accuracy for predicting no-shows (class 0) declined from 89% in the first month to 84% in the second, indicating a 5% drop. This exceeds the average monthly degradation rate of 1.8% typically seen in healthcare diagnostic models, highlighting the importance of early drift detection. Notably, drift in categorical variables was detected before any decline in accuracy occurred, allowing the issue to be addressed without compromising the models performance. Overall, this system enhances operational efficiency, supports proactive intervention, and ensures the continuity and quality of healthcare services through predictive insights and automated drift monitoring.

Keywords: Appointment No-Shows, Chi-Square, Data Drift, Healthcare, Kolmogorov-Smirnov

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ENHANCING CUSTOMER SATISFACTION AND EMPLOYEE PERFORMANCE VIA AI-BASED TEXT ANALYTICS IN SUPPORT SYSTEMS

Özlem AKÇAKOCA
R&D Data Scientist, Pusula Corporate Business Solutions
ORCID: 0009-0006-3994-3227

Abdurrahman KESKİN
R&D Data Scientist, Pusula Corporate Business Solutions
ORCID: 0000-0002-4986-6425

Mihriban ÖZDEMİR
R&D Data Scientist, Pusula Corporate Business Solutions
ORCID: 0009-0004-3158-6582

ABSTRACT
Customer satisfaction and employee motivation are key factors in achieving corporate success within technology-based work environments. According to studies, 56% of consumers rarely complain about a negative customer experience; instead, they switch to a competitor. This statistic increases the importance of both accurately measuring customer satisfaction and retaining existing customers. In this regard, it becomes essential to analyze customer satisfaction not only through traditional surveys or scoring systems, but also through written content (e.g., issue descriptions, support requests, customer comments).
Thanks to such text-based and passive analysis using AI-based methods, the level of customer satisfaction can be interpreted even without direct feedback. Thus, problems related to customer experience can be identified even before they are asked, allowing for proactive actions to be taken. This study presents a comprehensive system integrated into a customer support system that combines automated text analysis with prompt engineering to quickly evaluate key metrics, including issue prioritization, quality of descriptions, task complexity, sentiment, employee stress levels, tone of communication, and customer satisfaction, all derived from project data. Another feature of the system is its automated alert system, which notifies relevant individuals as soon as a strong tone of dissatisfaction and disappointment is detected. This enables immediate action on essential and urgent instances. By using these metrics in conjunction with the notification system, our team actively focuses on urgent issues and identifies customers who require special attention.
The results showed that real-time analytics helped employees concentrate more on their wording and tone of correspondence. Moreover, improved employee metrics were found to be among the factors that contribute to increased customer satisfaction. This system contributes to sustainable success in technology-based business environments by enhancing both customer satisfaction and employee performance.
Keywords: Automated Systems, Customer Satisfaction, Metrics, Prompt Engineering

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS WITH AHP-DERIVED WEIGHTS FOR HOTEL RECOMMENDATION SYSTEMS

Nour El Houda, FETHELLAH
Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherches (IHFR)

Salah Ahmed Ghaleb, MOHAMMED
Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed-Boudiaf USTO-MB

Abstract
Hotel selection constitutes a complex multi-criteria decision-making (MCDM) problem, as travelers must balance diverse and often conflicting factors such as price, location, amenities, and service quality. To provide a systematic framework for evaluating competing methods in this domain, we present a comprehensive comparative study of thirteen MCDM techniques—including TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, and MOORA—applied to the hotel recommendation problem. A key methodological contribution of this work is the consistent use of Analytic Hierarchy Process (AHP) for deriving the weights of decision criteria. AHP's pairwise comparison mechanism enables transparent and hierarchical prioritization of attributes, ensuring a uniform weighting scheme across all methods and eliminating biases introduced by varying input assumptions.
The benchmarking study is implemented in Python, allowing for full reproducibility and rigorous sensitivity analysis under different preference scenarios. Results reveal significant performance differences among methods, with probabilistic linguistic approaches demonstrating strong robustness to preference uncertainty, while classical distance-based methods (e.g., TOPSIS) show higher sensitivity to weight variations. Comparative metrics—including rank reversal frequency, Pareto efficiency, weight stability, and alignment with human judgment—highlight how different MCDM strategies behave under identical weighting conditions.
This study makes three key contributions: (1) the establishment of the first AHP-weighted benchmark for systematically comparing MCDM methods in hotel recommendation systems; (2) empirical evidence on the relative strengths and weaknesses of thirteen MCDM approaches in handling conflicting preferences; and (3) a deployable Python framework supporting transparent evaluation and sensitivity testing. Collectively, these findings advance the methodological foundation for decision support in tourism and provide practical insights into selecting suitable MCDM techniques for hotel recommendation applications.
Keywords: Multi-Criteria Decision-Making (MCDM), Analytic Hierarchy Process (AHP), Hotel Recommendation Systems, comparative analysis.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

CLIMATE VULNERABILITY AND MONETARY POLICY: AN AUGMENTED TAYLOR RULE APPROACH

Dorra TURKI
University of Sfax

Abstract
This paper investigates the role of climate vulnerability in the conduct of monetary policy in Tunisia over the period 2000–2023. The study discusses the challenges faced by the Central Bank in fulfilling its primary mandate of price stability while addressing increasing exposure to climate vulnerability. We propose an augmented Taylor rule that, in addition to inflation and the output gap, incorporates a climate vulnerability index as a proxy for environmental risks. The research aims to assess whether monetary policy in a climate-sensitive emerging economy can account for both macroeconomic stability and climate resilience. To our knowledge, this is one of the first attempts to adapt the Taylor rule to capture the sensitivity of monetary policy to climate-related shocks in North African economies.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE COLLABORATION BLUEPRINT: A MANAGERIAL GUIDE TO FORGING EFFECTIVE SCHOOL-ENTERPRISE PARTNERSHIPS IN TOURISM IN VIETNAM

Phan Vinh An
Khanh Hoa Technology - Energy College, Viet Nam and Faculty of Economics, Nha Trang University

Dang Hoang Xuan Huy
Faculty of Economics, Nha Trang University

Abstract
Educational managers and enterprise leaders often struggle to build effective and sustainable partnerships. This study provides a diagnostic toolkit and a data-driven action roadmap to address this challenge within Vietnam's tourism industry. Drawing on an extended Theory of Planned Behavior and analyzing data from 209 managers and lecturers, we identify key success factors that can be directly influenced. For educational administrators, the findings highlight two priority actions: implementing practical training to enhance the self-efficacy of faculty and fostering a supportive internal environment. These are the primary levers for empowering faculty to confidently engage in collaboration. For enterprise leaders, the research indicates that the most effective strategy to attract academic partners is to clearly articulate the competitive advantage offered by the partnership (e.g., a custom-trained talent pipeline) and to proactively build trust through small-scale pilot projects. Crucially, our model warns that perceived risk is a major barrier for both parties, highlighting the need for formal, clear agreements to mitigate uncertainty and prevent failure. By applying these findings, managers can transform collaboration efforts from spontaneous to strategic, directly addressing the skills gap and improving the quality of outcomes for both sides.
Keywords: managerial guidance, university-industry partnership, behavioral drivers, tourism workforce, strategic management.

1. Introduction

Vietnam's tourism industry is facing a paradox: explosive growth in visitor arrivals and revenue is accompanied by an increasingly severe shortage of high-quality human capital. In 2024, the sector welcomed nearly 17.5 million international visitors, a 38.9% increase over the previous year, and served 110 million domestic tourists, generating total revenue of approximately VND 840 trillion (US$32.96 billion). With the government's goal of establishing tourism as a spearhead economic sector contributing 13-14% to GDP by 2030, the pressure on human resource quality is immense. However, the current skills gap threatens the industry's sustainability and reduces its regional competitiveness, as evidenced by Vietnam's hotel labor productivity being only one-fifteenth of Singapore's (Institute for Tourism Development Research, as cited in Hanoi Times, 2024).

School-enterprise partnerships are widely recognized as the strategic solution to this problem, aiming to align training programs with the practical needs of the industry (Tuấn, 2019; Yean, 2019). Although their importance is affirmed in national policies such as the "Vietnam Tourism Development Strategy by 2030" , in reality, these linkages are often weak, formalistic, and ineffective (Luan, 2015; Toan, 2016).

Many previous studies have described this situation (e.g., Khuong, 2016; Tran & Nguyen, 2018) but have not explained the deep-seated psychological and behavioral barriers that make managers on both sides hesitant to engage in meaningful partnerships, even when they recognize the benefits. This research gap is critical because merely calling for collaboration will not yield results without addressing the core factors that drive or hinder the intentions of leaders to act (Ajzen, 1991).

This study aims to fill that gap by providing a diagnostic toolkit and a data-driven action roadmap. Using the framework of the Extended Theory of Planned Behavior (E-TPB) and analyzing survey data from 209 managers and lecturers in Vietnam's tourism industry, this research identifies the key behavioral factors influencing the intention to collaborate. Our goal is to provide specific, actionable managerial guidance for educational and enterprise leaders to transform collaboration efforts from spontaneous to strategic, thereby effectively addressing the skills gap and improving the quality of outcomes for both sides.

2. Literature review and theoreticasl framework

2.1. Extended theory of planned behavior (E-TPB)

This study is grounded in the Theory of Planned Behavior (TPB) by Ajzen (1991), one of the most influential theories for predicting human behavior. The TPB posits that behavioral intention is the most direct predictor of actual behavior. This intention is shaped by three main factors:

Attitude: An individual's positive or negative evaluation of performing the behavior (Fishbein & Ajzen, 1975).

Subjective norms: The perceived social pressure from important others (family, colleagues, superiors) to perform or not perform the behavior (Ajzen, 1991).

Perceived behavioral control (PBC): The perceived ease or difficulty of performing the behavior (Ajzen, 1991).

However, in the complex context of inter-organizational collaboration, the basic TPB model may not be sufficient to capture all nuances (Ajzen, 2002a; Conner & Armitage, 1998). Therefore, we propose an E-TPB model by integrating additional factors that have been proven important in collaboration studies:

Self-efficacy: We separate PBC into two components: external control factors and belief in one's own capabilities. Self-efficacy, as defined by Bandura (1997), refers to a manager's belief in their own ability to successfully initiate, navigate, and manage a partnership (Sehgal et al., 2017). A manager may believe that external conditions are favorable, but if they lack confidence in their skills, an intention to collaborate will not be formed (Miller et al., 2017).

Perceived risk: Collaboration always involves uncertainty and potential risks related to finance, time, and reputation (Harman & Sherwell, 2002). Perceived risk is considered a direct negative predictor of intention, acting as a strong psychological barrier (Bruneel et al., 2010; Muscio & Vallanti, 2014).

Internal supportive environment: Support from one's own organization (e.g., incentive policies, resources, leadership endorsement) is a critical antecedent (Fernandes et al., 2023; Perkmann et al., 2013). A supportive environment is expected to foster a more positive attitude, enhance self-efficacy, and mitigate perceived risk (Eisenberg, 2018; O'Dwyer et al., 2019).

2.2. Review of related studies

The literature on university-industry collaboration (UIC) globally has identified common success factors such as trust, clear goals, effective communication, and mutual benefits (Rybnicek & Königsgruber, 2019; O'Dwyer et al., 2019). Common barriers include differences in organizational culture, misaligned objectives, and intellectual property issues (Bruneel et al., 2010).

In Vietnam, the tourism sector context presents specific challenges. The gap between training and practical needs is significant, with only 42% of the industry's workforce having received formal tourism training (Vietnamnews, 2018; Tuấn, 2019). Graduates often lack soft skills, foreign languages, and practical experience, forcing enterprises to retrain them (Le, 2016; Thang, 2024). Internship programs, the most common form of collaboration, are often criticized as ineffective, with poor supervision and students sometimes being treated as cheap labor (Jaddoud, 2019; Xu, 2022). These negative experiences increase perceived risk and reduce trust in the effectiveness of collaboration from both sides (Lam & Ching, 2007).

Studies in Vietnam also indicate that enterprises show little interest in deep engagement in curriculum development (World Bank & CIEM, 2012) , and existing linkages are often limited to superficial recruitment (Luan, 2015). This suggests that the problem is not a lack of awareness of the importance of collaboration, but rather behavioral barriers that prevent parties from moving towards deeper commitments. Our E-TPB model is designed to elucidate these very barriers.

3. Research methodology

Sample and data collection: Data were collected via a questionnaire survey administered to senior and mid-level managers in tourism enterprises (hotels, travel agencies) and educational administrators (deans, department heads) and lecturers at universities and colleges offering tourism programs in Vietnam. A purposive sampling method combined with a snowball technique was used to reach the target population, a strategy suitable for specialized and hard-to-reach populations (Creswell & Poth, 2017). A total of 209 valid responses were collected and used for analysis.

Measurement instrument: The questionnaire was developed based on standard guidelines for TPB research (Ajzen, 2006.; Francis et al., 2004). The scales for the model's constructs (Attitude, Subjective Norms, Self-Efficacy, Perceived Risk, Internal Supportive Environment, and Collaborative Intention) were adapted from previously validated studies and refined to fit the Vietnamese context through a preliminary qualitative elicitation study, as recommended by Ajzen (2006.). All items used a 7-point Likert scale.

Data analysis: Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) was used to analyze the data with SmartPLS 4 software. PLS-SEM was chosen for its suitability for the study's predictive goal, its lack of strict assumptions regarding normal data distribution, and its effective performance with a moderate sample size (N=209) and complex models (Hair et al., 2021; Sarstedt et al., 2022). A two-step analysis process was applied: first, assessing the measurement model (outer model) to test the reliability and validity of the scales, followed by assessing the structural model (inner model) to test the research hypotheses (Hair et al., 2018).

4. Results and Discussion

4.1. Research results

Measurement model assessment: The measurement model was evaluated for indicator reliability, internal consistency reliability, convergent validity, and discriminant validity.

Table 1 shows that all indicator loadings are greater than 0.7, indicating reliable indicators. Internal consistency reliability was confirmed with Cronbach's Alpha (α) and Composite Reliability (CR) values exceeding the 0.7 threshold. Convergent validity was ensured as the Average Variance Extracted (AVE) for all constructs was greater than 0.5. Discriminant validity was also established as the square root of the AVE for each construct was greater than its correlation with other constructs (Fornell-Larcker criterion) and all HTMT ratios were below the 0.85 threshold.

Table 1: Measurement model assessment results (PLS-SEM)

Construct	Indicator	Loading	Cronbach's α	CR	AVE
Internal Supportive Environment (ISE)	ISE1	0.851	0.875	0.921	0.795
	ISE2	0.912			
	ISE3	0.889			
Self-Efficacy (SE)	SE1	0.824	0.866	0.917	0.786
	SE2	0.901			
	SE3	0.915			
Perceived Risk (PR)	PR1	0.863	0.842	0.904	0.759
	PR2	0.881			
	PR3	0.855			
Competitive Advantage (CA)	CA1	0.899	0.881	0.926	0.807
	CA2	0.905			
	CA3	0.887			
Collaborative Intention (INT)	INT1	0.922	0.910	0.944	0.849
	INT2	0.931			
	INT3	0.908			
Internal Supportive Environment (ISE)	ISE1	0.851	0.875	0.921	0.795
	ISE2	0.912			
	ISE3	0.889			
Self-Efficacy (SE)	SE1	0.824	0.866	0.917	0.786
	SE2	0.901			
	SE3	0.915			
Perceived Risk (PR)	PR1	0.863	0.842	0.904	0.759
	PR2	0.881			
	PR3	0.855			

Source: Authors' analysis based on survey data (2025).

Structural model assessment: After confirming the measurement model's reliability and validity, the structural model was assessed to test the hypotheses. The results indicate that the model has good explanatory power, with an R^2 value for the Collaborative Intention (INT) variable of 0.672, showing that 67.2% of the variance in collaborative intention is explained by the factors in the model. All path coefficients were statistically significant, supporting the research hypotheses.

4.2. Discussion

4.2.1. Discussion of Research Findings

The PLS-SEM analysis provides a data-driven explanation for the ineffectiveness of school-enterprise partnerships in Vietnam's tourism industry, illuminating the "attitude-behavior gap" phenomenon (Kollmuss & Agyeman, 2002).

First, for educational managers, the issue is not just about wanting to collaborate, but about being able and supported to do so. The results emphasize that empowering faculty is a core factor. Enhancing self-efficacy through practical training programs on project management and negotiation skills with enterprises will make them more confident. Concurrently, a strong internal supportive environment, such as recognizing collaborative activities in performance evaluations or having a dedicated liaison office, creates a psychological "safety net" that encourages faculty to engage boldly.

Second, for enterprises, the most effective approach is to focus on "what's in it for them." Instead of generic appeals, businesses need to clearly articulate the competitive advantage that the academic partner will gain from the collaboration, for example, "we will help you build a curriculum so that graduates can work immediately without retraining." Furthermore, to overcome initial mistrust, proactively building trust through small-scale pilot projects (e.g., a guest lecture, a student competition) is a wise strategy. These small initial successes will reduce perceived risk and lay the groundwork for larger commitments.

Finally, perceived risk is the "common enemy" for both parties. This confirms the importance of establishing formal, clear agreements from the outset. A detailed Memorandum of Understanding (MOU) covering objectives, responsibilities, benefits, and conflict resolution mechanisms will help minimize uncertainty, creating a secure framework for both parties to operate within and preventing failure.

4.2.2. Comparison with Related Studies

The findings of this study both reinforce and extend previous theories and empirical results. The identification of self-efficacy as a strong predictor of collaborative intention affirms the importance of extending the Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1991) in the context of organizational decision-making. This result aligns with research by Miller et al. (2017) and Sehgal et al. (2017), who demonstrated that belief in one's own capabilities is a critical driver of professional behavior. However, our study applies this concept to the context of inter-organizational collaboration in an emerging economy, where a lack of confidence may be a particularly significant barrier.

The importance of an internal supportive environment is also consistent with a range of studies on the success factors of UIC (Fernandes et al., 2023; O'Dwyer et al., 2019; Rybnicek & Königsgruber, 2019). These studies often emphasize the need for support from senior leadership and incentive policies. Our study contributes by quantifying the impact of this support on the psychological antecedents of intention (attitude, self-efficacy, perceived risk), providing a clear mechanism for how organizational support translates into action.

The finding that perceived risk is a significant barrier is also supported by previous research on collaboration barriers (Bruneel et al., 2010; Harman & Sherwell, 2002). However, in the Vietnamese context, where partnerships are often informal and lack strong legal frameworks (Luan, 2015) , perceived risk may play an even larger role than in developed economies.

Finally, the emphasis on competitive advantage as a motivator for enterprises reflects fundamental principles of strategic management (APLU, 2018; University of Minnesota, 2025).

While previous studies in Vietnam indicated that enterprises primarily collaborate for recruitment purposes (Luan, 2015) , our results suggest a potential shift or a deeper requirement: businesses will commit more strongly when they view the partnership as a tool for building a sustainable competitive advantage, such as a custom-trained talent pipeline.

4.3. Policy Implications

Based on the above results, we propose an "Action Roadmap" for stakeholders:

Table 2: propose an "Action Roadmap" for stakeholders

Stakeholder	Priority Actions	Objective
Educational Managers	1. Implement practical training programs for faculty on skills for working with enterprises. 2. Build a supportive internal environment (incentive policies, dedicated liaison office).	Enhance Self-Efficacy and provide a Supportive Environment.
Enterprise Leaders	1. Clearly articulate the competitive advantage (e.g., custom-trained talent pipeline). 2. Start with small-scale pilot projects to build trust.	Emphasize Mutual Benefits and reduce initial Perceived Risk.
Both Parties	Establish formal, clear, and detailed collaboration agreements from the outset.	Minimize Perceived Risk and prevent failure.

Source: Author's compilation, 2025

5. Conclusion, Limitations, and Future research

5.1. Conclusion

This study has provided a diagnostic toolkit and a data-driven action roadmap to address the challenge of building effective school-enterprise partnerships in Vietnam's tourism industry. By applying an Extended Theory of Planned Behavior, we have identified the core behavioral levers and barriers. For educational managers, focusing on enhancing faculty self-efficacy and creating a supportive environment is key. For enterprise leaders, the most effective strategy is to clarify the competitive advantage and proactively build trust through small steps. Most importantly, perceived risk is a major barrier that must be addressed through formal and transparent agreements. By applying these findings, managers can transform collaboration efforts from spontaneous to strategic, contributing to closing the skills gap and improving the quality of human resources for Vietnam's tourism industry.

5.2. Limitations and future research

This study has several limitations. First, the cross-sectional research design does not allow for definitive conclusions about causality, as it cannot determine the temporal relationship between variables (Carlson & Morrison, 2009; Setia, 2016). Second, the reliance on self-reported data may be subject to biases such as social desirability (Podsakoff et al., 2003). Finally, the non-probability sampling method (purposive and snowball), while necessary, limits the generalizability of the findings to the entire industry (Etikan et al., 2016).

Future research could address these limitations. A longitudinal study would allow for tracking the development of partnerships over time and provide stronger evidence of causality.

In-depth case studies of successful and unsuccessful partnership models could provide rich qualitative insights to complement the quantitative findings (Yin, 2018). Furthermore, applying this E-TPB model to other key economic sectors in Vietnam would be a promising avenue for future research.

References

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50*(2), 179–211.

Ajzen, I. (2002a). Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior. *Journal of Applied Social Psychology, 32*(4), 665–683.

Ajzen, I. (2006.). *Constructing a Theory of Planned Behavior Questionnaire*. University of Massachusetts Amherst.

APLU. (2018). *Driving U.S. Competitiveness Through Improved University-Industry Partnerships*. Association of Public and Land-grant Universities.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.

Bruneel, J., D'Este, P., & Salter, A. (2010). Investigating the factors that diminish the barriers to university-industry collaboration. *Research Policy, 39*(7), 858–868.

Carlson, M. D., & Morrison, R. S. (2009). Study design, precision, and validity in observational studies. *Journal of Palliative Medicine, 12*(1), 77–82.

Conner, M., & Armitage, C. J. (1998). Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research. *Journal of Applied Social Psychology, 28*(15), 1429–1464.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2017). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.

Daim, T. U., Ha, A., Reutiman, S., Hughes, B., Pathak, U., Bynum, W., & Bhatla, A. (2012). Exploring the communication breakdown in global virtual teams. *International Journal of Project Management, 30*(1), 199-212.

Eisenberg, J. (2018, November 23). *3 ways to nurture collaboration between universities and industry*. World Economic Forum.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 5*(1), 1-4.

Fernandes, G., O'Sullivan, D., & Ferreira, L. M. D. F. (2023). Critical Success Factors of University-Industry R&D Collaborations. *Journal of Knowledge Management*.

Fernandes, G., Tereso, A., & Pinto, E. (2018). Risk Response Strategies for Collaborative University-Industry R&D Funded Programs. In *Conference on ENTERprise Information Systems* (pp. 735-743). Springer.

Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.

Francis, J. J., Eccles, M. P., Johnston, M., Walker, A., Grimshaw, J. M., Foy, R., Kaner, E. F. S., Smith, L., & Bonetti, D. (2004). *Constructing questionnaires based on the theory of planned behaviour: A manual for health services researchers*. Centre for Health Services Research, University of Newcastle upon Tyne.

Government of Vietnam. (2024, June 13). *Master plan on tourism system for 2021-2030, vision to 2045*.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Prentice Hall.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2018). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (2nd ed.). Sage.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). Sage.

Hanoi Times. (2024, April 29). *Training key to enhancing competitiveness of Vietnam's tourism workforce*.

Harman, G., & Sherwell, V. (2002). Risks in university-industry research links and the implications for university management. *Journal of Higher Education Policy and Management, 24*(1), 5-17.

Jaddoud, A. (2019). The challenges facing human resources in the hospitality industry. *Journal of Tourism and Hospitality Management, 7*(2), 1-10.

Khuong, C. M. (2016). University-industry collaboration in tourism training in Vietnam. *Journal of Teaching in Travel & Tourism, 16*(2), 125-141.

Klijn, E. H., & Koppenjan, J. (2016). The impact of contract characteristics on the performance of public–private partnerships (PPPs). *Public Money & Management, 36*(6), 455-462.

Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research, 8*(3), 239-260.

Lam, T., & Ching, L. (2007). An exploratory study of an internship program: The case of Hong Kong students. *International Journal of Hospitality Management, 26*(2), 336-351.

Le, T. T. (2016). A mismatch between skills needed by the hospitality business and training provided in vocational and university courses. *Journal of Tourism and Hospitality Management, 4*(2), 1-12.

Luan, N. T. (2015). *Collaboration between universities and enterprises in Vietnam*. VNU Press.

Miller, A. D., Ramirez, E. M., & Murdock, J. (2017). The influence of teachers' self-efficacy on perceptions of teaching effectiveness. *Journal of Educational Research, 110*(6), 579-587.

O'Dwyer, M., Filieri, R., & O'Malley, L. (2023). Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed. *The Journal of Technology Transfer, 48*(3), 1174-1203.

Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., Fini, R., Geuna, A., Grimaldi, R., Hughes, A., Krabel, S., Kitson, M., Llerena, P., Lissoni, F., Salter, A., & Sobrero, M. (2013). Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university–industry relations. *Research Policy, 42*(2), 423-442.

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology, 88*(5), 879–903.

Prime Minister. (2020, January 22). *Decision No. 147/QD-TTg on approving the Strategy of tourism development for Vietnam by 2030*.

Rybnicek, R., & Königsgruber, R. (2019). What makes industry–university collaboration succeed? A systematic review of the literature. *Journal of Business Economics, 89*(2), 221-250.

Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2022). Partial least squares structural equation modeling. In *Handbook of market research* (pp. 587-632). Springer.

Sehgal, P., Nambudiri, R., & Mishra, S. K. (2017). Teacher effectiveness through self-efficacy, collaboration and principal leadership. *International Journal of Educational Management, 31*(4), 505-517.

Setia, M. S. (2016). Methodology series module 3: Cross-sectional studies. *Indian Journal of Dermatology, 61*(3), 261.

Thang, D. D. (2024). Traditional training methods are no longer up to the rising standards and demands of the tourism industry. *Hanoi Times*.

Toan, D. T. (2016). The gap between university training and social needs in Vietnam. *VNU Journal of Science: Education Research, 32*(2).

Tran, T. T., & Nguyen, T. L. H. (2018). The reality of Vietnamese hospitality workplaces for higher education students. *Journal of Hospitality & Tourism Education, 30*(3), 155-166.

Tuấn, T. A. (2019, November 4). A skilled workforce in tourism is needed for repeat visits and greater customer satisfaction. *Vietnam News*.

University of Minnesota. (2025). *The Benefits of Collaboration Between University and Industry*. College of Continuing and Professional Studies.

Vietnam News. (2018, November 28). *Human resources for tourism and travel business in Vietnam*.

Vietnam News. (2025, January 2). *Tourism sector thriving in 2024*.

Vietnam National Authority of Tourism. (2025, January 7). *Viet Nam records more than 17.5 million international visitor arrivals in 2024*.

World Bank & Central Institute for Economic Management (CIEM). (2012). *Vietnam Development Report 2012: Market Economy for a Middle-Income Vietnam*.

Xu, S. (2022). Challenges for student satisfaction of internship program in hospitality and tourism. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education, 30*, 100365.

Yean, C. K. (2019, November 4). Internships and work that integrates learning are the best tools to engage students. *Vietnam News*.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage publications.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ACCEPTANCE OF DIGITAL VOICE ASSISTANTS IN PAKISTAN: A SERVICE ROBOT ACCEPTANCE MODEL PERSPECTIVE

Muhammad Imran
Department of Economics, University of Veterinary and Animal Sciences

Abstract
The rise of Artificial Intelligence (AI) has accelerated the use of Digital Voice Assistants (DVAs), yet little is known about how users in developing countries adopt these technologies. This study investigates the acceptance of DVAs in Pakistan by applying the Service Robot Acceptance Model (SRAM), which integrates functional, emotional, and relational dimensions of technology adoption. Using a structured online survey, data were collected from 109 valid respondents. The model tested seven constructs: perceived usefulness, perceived ease of use, perceived humanness, social presence, trust, rapport, and attitude, with customer acceptance as the outcome variable. Results from Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) reveal that perceived usefulness, ease of use, social presence, humanness, and rapport significantly predict attitudes, which in turn strongly drive acceptance. Trust, however, did not show a direct significant influence. The findings confirm the applicability of SRAM in a non-Western context, emphasizing that user acceptance is shaped not only by functional efficiency but also by emotional and relational dynamics. The study contributes to theory by extending SRAM to DVAs in Pakistan and offers practical insights for developers, marketers, and policymakers aiming to design culturally sensitive and socially engaging AI technologies.
Keywords: Digital Voice Assistants, Service Robot Acceptance Model, Technology Adoption, Pakistan, AI Acceptance, Consumer Behavior

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE INTERPLAY OF ORGANISATIONAL CULTURE AND INNOVATION: A REVIEW ON SYSTEMATIC LITERATURE

Dr. Praveen Kakada
Department of Management Studies, National Institute of Technology

Abstract
It has long been known that an organization's culture plays a major role in fostering creativity. The research conducted between 2010 and 2025 is summarized in this systematic literature review (SLR), which looks at how organizational culture affects innovation outcomes in many situations and industries. 172 peer-reviewed publications from major databases (Scopus, Web of Science, ProQuest) were reviewed using PRISMA principles. The results show that while strict hierarchical cultures impede innovation, certain cultural traits—like flexibility, risk-taking, information sharing, and participatory leadership—consistently promote it. The review points out the lack of cross-cultural comparisons, points out methodological flaws, and suggests a research agenda for the future to improve theory and practice.
Keywords:, Adaptability, Organisational culture, Risk-taking, Knowledge sharing, Risk-taking, , and Participative leadership

Introduction
Organizational competitiveness, adaptability, and long-term sustainability are all based on innovation. Innovation is becoming a must for businesses due to the growing technology disruption and worldwide competitiveness. Organizational culture, which is characterized by shared values, beliefs, and practices, has been repeatedly highlighted in research as influencing employees' attitudes and actions toward creativity, risk-taking, and knowledge sharing—all of which are critical for innovation (Schein, 2010).
The results of the numerous individual research that have looked at the relationship between innovation and culture are inconsistent. Through a thorough literature analysis, this research synthesizes the available data and provides a comprehensive understanding of the cultural characteristics that either support or obstruct innovation. Although innovation is a key driver of competitive advantage and renewal, different businesses and industries experience it differently. These variations are attributed by an increasing amount of study.
An increasing amount of research ascribes these discrepancies to organizational culture—the common beliefs, customs, and behaviors that influence how individuals view risk, exchange information, work together, and adapt to change. Although traditional models (such as the Competing Values Framework, or CVF) have long maintained that adhocracy/entrepreneurial cultures facilitate experimentation and exploration more than hierarchical cultures, new research expands on this theory to digital transformation contexts where knowledge flows, agility, and a learning orientation are critical to the development of new products and processes.
Studies conducted recently have demonstrated the close relationship between innovation outcomes and cultural traits including openness, psychological safety, knowledge sharing, and participative leadership. These traits are also being explored more and more in relation to digital capabilities, data-centric practices, and ecosystem collaboration. (Frontiers, MDPI, ACM Digital Library, ScienceDirect).
It has long been known that an organization's culture plays a critical role in determining its performance, flexibility, and inventiveness (Schein, 2010).

Fostering innovation through supporting cultural practices has become a strategic imperative as businesses aim to stay competitive in quickly changing contexts (Martins & Terblanche, 2003). According to Cameron and Quinn (2011), culture serves as a guiding framework that influences employee behavior, decision-making, and adaptability.

Recent research has shown that innovation is deeply ingrained in an organization's values, norms, and beliefs and is not just a byproduct of technology advancement (Hartnell et al., 2019). For example, in terms of inventive production, companies with risk-tolerant, learning-oriented, and collaborative cultures typically perform better than those with strict, hierarchical structures (Zheng et al., 2020). Even with a substantial amount of study, a methodical synthesis of the data is still required to comprehend how culture promotes, inhibits, or restrains innovation in various circumstances. By conducting a comprehensive literature review and using the PRISMA framework to assure scientific rigor, this paper fills this gap.

Despite the general agreement that "culture matters," the literature is still dispersed across levels (individual, team, and organization) and lenses (strategy, OB, IS, and operations), with uneven assessment and few longitudinal or cross-national designs.These inadequacies are brought to light by recent reviews and meta-analyses, which also urge the development of integrated models that link knowledge processes, cultural archetypes, and innovation performance—particularly in the face of environmental instability and digitization. (Cambridge Core, Taylor & Francis Online). Research from 2000–2025 is summarized in this review, with a focus on 2020–2025, to make clear: (a) which cultural elements most consistently foster innovation.

Literature Review

Four cultural traits consistently appear as facilitators across frameworks: empowerment/participative leadership, knowledge sharing/collaboration, risk factors that induce tolerance/experimentation, and adaptability/agility. Through improved knowledge production, distribution, and application—essential processes that convert culture into inventive outputs—meta-analytic and large-sample data connects these qualities to better innovation. According to CVF-based research, cultures that are adhocracy (adaptable, externally focused) exhibit the strongest correlation with innovation, whereas those that are hierarchy (control, internal emphasis) tend to impede exploration unless they are supplemented by learning and cross-border cooperation.(Science Direct, Frontiers).

Innovation has been recognized as a crucial avenue (e.g., through knowledge production and diffusion) in a knowledge-friendly organizational culture (KFOC), which emphasizes openness, trust, and sharing. This KFOC has a positive, meta-analytically supported correlation with performance. These results align with CVF research that links knowledge processes that support product and process innovation to clan/adhocracy characteristics. (Frontiers, ScienceDirect). According to recent IS/management studies, culture is a fundamental component of digital innovation. Research in Information & Management (2025) defines DT as multifaceted competencies and demonstrates that more product innovation is linked to cultures that value learning, agility and customer centricity.

Digital culture—norms that support experimentation, data-driven decision-making, and cross-functional collaboration—predicts greater innovation performance and employee inventive behavior, according to parallel findings in Systems (2025) and Frontiers in Psychology (2025). Similar to this, empirical studies conducted in well-established businesses demonstrate that digital attitudes and emerging digital culture promote innovation and uptake. Collectively, these studies contend that digital tools fall short in terms of creativity when cultural alignment is lacking. (JIEM, Frontiers, MDPI, ScienceDirect, ACM Digital Library).

Evidence indicates that fostering CVF-aligned cultures (adhocracy/market blends) for innovative service development and quick iteration benefits service businesses (like the hospitality sector); public-sector SLRs, on the other hand, demonstrate that innovation culture is crucial for breaking through bureaucratic lethargy but is understudied.

Informal, collaborative cultures have a greater impact on process and administrative innovation in emerging-country and SME contexts, especially when resources are limited. (RevistaFuture.org, ResearchGate). The common beliefs, attitudes, and customs that shape how people act in organizations are known as organizational culture (Schein, 2010). According to earlier studies, there is a high correlation between innovation outcomes and particular cultural orientations including adaptation, learning, and openness (Martins & Terblanche, 2003; Zheng et al., 2020). Innovative companies, for instance, frequently support cross-functional cooperation, tolerate failure, and encourage experimentation (Anderson et al., 2014). Transformational leadership and the development of innovative cultures are linked in a number of research (Jaskyte, 2011; Sarros et al., 2015). Leaders that empower others and present a compelling vision employees tend to foster risk-taking and creativity (Hartnell et al., 2019).

Furthermore, by influencing organizational practices, regional and national cultures also have an impact on innovation. For example, individualist cultures may encourage radical idea development, but collectivist cultures may encourage innovation driven by teamwork (Hofstede, 2001; Nani, 2025). The relationship between culture and innovation has taken on new dimensions as a result of technological developments and remote labor. According to recent research, digital tools facilitate collaboration and knowledge exchange, but they also present difficulties for preserving cohesiveness and trust (Choudhury et al., 2021). Future studies must therefore focus on how cultural practices and technical ecosystems interact dynamically to spur innovation.

A 2025 meta-analysis supports the indirect influence of culture to firm performance through innovation and validates a favorable innovation–performance relationship. This demonstrates the strategic importance of culture since it not only inspires and facilitates the execution of ideas but also yields quantifiable organizational outcomes. Cambridge Core. Measurement heterogeneity (various culture/innovation scales limit comparability), cross-sectional designs that limit causal inference, and limited cross-cultural comparisons that would elucidate the moderating impact of national culture are the main points of emphasis in recent systematic reviews. Longitudinal, multi-level designs that incorporate leadership, culture, knowledge processes, and digital capabilities into cohesive explanatory models are still being called for. (Online Taylor & Francis). Numerous research gaps existed, such as the paucity of studies comparing the ways in which national culture moderates the relationship between culture and innovation. Few studies examine long-term cultural changes that foster innovation; the majority of studies are cross-sectional.

Questions for Research

1. Which aspects of corporate culture have the biggest effects on innovation?
2. How do various forms of innovation—product, process, administrative, and digital—get impacted by corporate culture?
3. What research gaps exist now, and what avenues for future study are recommended?

Methodology

The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) framework was adhered to in this SLR. Databases: Emerald Insight, ProQuest, Web of Science, and Scopus. Peer-reviewed journal publications, conceptual and empirical research, and English language proficiency are requirements for inclusion. Exclusion criteria include case notes, dissertations, non-peer-reviewed sources, and works that are only technical or engineering in nature and lack a cultural component. 321 articles were found in the first search. 245 articles were left after screening by title and abstract. Duplicate and irrelevant studies were removed using a full-text review. 172 items were chosen in the end. To guarantee openness and reproducibility, this work complies with the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) standards.

PRISMA Procedures

• Identification: Using the terms "organizational culture," "innovation," "creativity," and "workplace transformation," 321 papers were found using the Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases.
• Screening: 245 items were left after duplicates were eliminated. Relevance was assessed in abstracts and titles.
• Eligibility: Of the 210 full-text publications evaluated, 38 were disqualified for lacking a strong methodological foundation or for failing to emphasize the interaction between culture and innovation.
• Inclusion: The final synthesis contained 172 articles.

Findings

Cultural Aspects that Encourage Creativity

• Flexibility and Adaptability: According to Denison (2001), cultures that promote responsiveness to change promote greater creativity.
• Risk-Taking and Experimentation: Innovative ideas are made possible by tolerance for uncertainty and acceptance of failure.
• Knowledge Sharing and Collaboration: Innovation results are driven by open communication and cross-functional teamwork.
• Empowerment and Participative Leadership: Leaders who empower their staff encourage innovation and trial and error.
• Bureaucratic Hierarchies: Strict regulations and codified frameworks stifle originality.
• Fear of Failure: Innovative endeavours are stifled by cultures that penalize errors.
• Silo Mentality: The ability to innovate is weakened by a lack of interdepartmental cooperation.

Types of Innovation Influenced by Culture

• Product Innovation: Propelled by cultures that prioritize creativity and the needs of their customers.
• Process Innovation: Encouraged by cultures of knowledge exchange and ongoing development.
•Transparent, participatory cultures foster administrative innovation.
• Digital Innovation: New research relates successful digital transformation to cultures that value agility.
• Western vs. Asian contexts: Asian organizations strike a balance between hierarchy and collectivism, whilst Western enterprises prioritize autonomy and creativity.

• SMEs versus Large organizations: While large organizations rely on organized change management, SMEs use informal cultures to innovate rapidly.

Discussion

The review emphasizes how corporate culture may both support and impede innovation. Innovation performance is consistently stronger in cultures that place a strong emphasis on adaptability, learning, and transparency. However, the relationship depends on national culture, industrial situation, and leadership style. According to this synthesis, adhocracy cultures—which are dynamic, entrepreneurial, and innovative—perform better in terms of innovation outcomes than hierarchical cultures, as demonstrated by theoretical models such as Cameron & Quinn's Competing Values Framework (CVF). The paper emphasizes how company culture may both support and impede innovation. Innovative thinking thrives in cultures that value flexibility, transparency, and lifelong learning (Smith, 2005; Anderson et al., 2014). But cultures that are control-oriented and hierarchical discourage innovation and make workers less inclined to discuss novel concepts (Cameron & Quinn, 2011).

The moderating function of leadership in creating innovative cultures is a crucial realization. According to Sarros et al. (2015), leaders that empower staff members, promote psychological safety, and reward experimentation foster environments that are favorable to information exchange and innovation. On the other hand, by encouraging a fear of failing, authoritarian leadership styles can stifle creative potential (Hartnell et al., 2019). Furthermore, it is impossible to ignore national cultural values. Individualistic circumstances encourage radical innovation by stressing autonomy, whereas collectivist contexts encourage incremental innovation through team collaboration (Hofstede, 2001; Nani, 2025). This implies that organizational innovation-fostering tactics need to be culturally sensitive.

Lastly, the dynamics of corporate culture have changed as a result of the quick uptake of digital technology and hybrid work arrangements. Through increased engagement, virtual collaboration technologies can foster creativity, but they may also weaken shared values and cultural cohesiveness (Choudhury et al., 2021). For firms to stay innovative in digitally mediated environments, cultural practices must be actively redesigned.

Research Gaps and Future Directions

little empirical study on the relationship between innovation and culture in developing nations. understudied effects on corporate culture of remote and hybrid labor. insufficient long-term research relating cultural change to persistent innovation. Multi-level analysis that incorporates organizational, team, and individual viewpoints is required. Examine how automation and artificial intelligence are changing digital organizational cultures. To evaluate the cultural evolution of innovation journeys, conduct multi-country, longitudinal research. Create comprehensive measuring methods that connect innovation outcomes, leadership, and culture. Analyze how inclusive leadership promotes creativity in heterogeneous teams. Examine nonprofit and public sector innovation, which is frequently overlooked in OB research. To overcome these constraints, cross-cultural, mixed-method, and longitudinal approaches should be used in future research. Additionally, studies should examine how digital transformation, artificial intelligence, and environmental goals influence culture-driven innovation.

Conclusion

Two decades of study on the relationship between culture and innovation are compiled in this review, which emphasizes the cultural foundations of innovation—adaptability, risk tolerance, and teamwork. On the other hand, fear-based cultures and rigid hierarchies stifle creative results. This SLR gives academics and professionals a road map for promoting innovation through cultural change by highlighting important gaps and suggesting future paths. His thorough examination of the research makes clear how important organizational culture is in promoting or impeding innovation. While adaptability, collaboration, and openness foster innovative solutions, inflexible systems hinder them. This relationship is further moderated by national culture and leadership, and new opportunities and problems are brought forth by digital change. In order to give businesses aiming for sustainable innovation useful insights, future research must keep improving our understanding of these dynamics.

References

Addisalem, T. B., & Kenenisa, L. D. (2024). Organizational culture: A systematic review. *Cogent Business & Management*. https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2340129 (Taylor & Francis Online)

Anderson, N., Potočnik, K., & Zhou, J. (2014). Innovation and creativity in organizations: A state-of-the-science review. *Journal of Management, 40*(5), 1297–1333.

Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2011). *Diagnosing and Changing Organizational Culture: Based on the Competing Values Framework*. John Wiley & Sons.

Choudhury, P., Foroughi, C., & Larson, B. (2021). Work-from-anywhere: The productivity effects of geographic flexibility. *Strategic Management Journal, 42*(4), 655–683.

Denison, D. (2001). *Organizational Culture: Can It Be a Key Lever for Driving Organizational Change?* International Handbook of Organizational Culture and Climate.

Fahmi, T. A., Tjakraatmadja, J. H., & Ginting, H. (2023). Emerging digital culture and digital attitudes in an established company. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(2), 342–362. (JIEM)

Frontiers in Psychology. (2022). Exploring the relationship between organizational culture types and knowledge management processes (CVF). *Frontiers in Psychology*, 13, 856234. (Frontiers)

Gupta, V., (2025). Organizational culture, digital transformation, and product innovation. *Information & Management*, 62(6), 104135. (ACM Digital Library)

Hartnell, C. A., Kinicki, A. J., Lambert, L. S., Fugate, M., & Doyle Corner, P. (2019). Do similarities or differences between CEO leadership and organizational culture matter? *Academy of Management Journal, 62*(6), 1733–1757.

Hofstede, G. (2001). *Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions and Organizations Across Nations*. Sage.

Jaskyte, K. (2011). Predictors of administrative and technological innovations in nonprofit organizations. *Public Administration Review, 71*(1), 77–86.

Kim, J., et al. (2025). Influence of digital transformation on employee innovative behavior. *Frontiers in Psychology*. (Frontiers)

Martins, E. C., & Terblanche, F. (2003). Building organisational culture that stimulates creativity and innovation. *European Journal of Innovation Management, 6*(1), 64–74.

Murovec, N., & Prodan, I. (2025). The relationship between innovation and organizational performance: A meta-analysis. *Journal of Management & Organization*. (Cambridge Core)

Nani, K. (2025). Organizational culture and innovation in hybrid workplaces: A cross-national perspective. *Journal of Organizational Behavior, 46*(2), 215–233.

Nawaz, F., et al. (2025). Digital transformation and innovation performance in SMEs. *Systems*, 13(1), 43. (MDPI)

Palacios-Marqués, D., et al. (2025). Organizational culture, digital transformation, and product innovation. *Information & Management*. (Alternate listing/early access). (ScienceDirect)

Sarros, J. C., Cooper, B. K., & Santora, J. C. (2015). Leadership vision, organizational culture, and support for innovation in not-for-profit and for-profit organizations. *Leadership & Organization Development Journal, 32*(3), 291–309.

Schein, E. H. (2010). *Organizational Culture and Leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.

SHS Web of Conferences (2024). Organizational culture relation with innovation (review of employee innovation behavior). *SHS Web of Conferences*, 181, 01034. (PMC)

Smith, A. (2005). The influence of organizational culture on creativity and innovation: A review of the literature. *Management Review, 17*(2), 45–60.

World Scientific (2025). Innovation culture: A systematic literature review. *International Journal of Innovation Management*. (World Scientific)

Zheng, X., Li, N., & Chen, J. (2020). Linking organizational culture to innovation performance: The mediating role of knowledge sharing. *Management Decision, 58*(6), 1163–1176.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PROFESSIONAL INVOLVEMENT IN UNIVERSITY HIGHER EDUCATION

Doctor RAHMOUNI Hanane
University of Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Faculty of economic, commerce and management, Department of commerce
ORCID: 0009-0003-1052-6188

Abstract
To strengthen the connection between university students and businesses , we came up with the idea of involving a professional within the university to teach a real-life practical module as a pedagogical and empirical module to help students understand the real-life administrative and legal aspects of business and to refine their vision of the company.
Indeed, every student wants to start their own business, but this project requires and demands real-life empirical knowledge in all areas: practical , technical, administrative, and regulatory.
The involvement of this professional within the university provides essential support and collaboration in the student-business connection by establishing the concepts, conditions, obligations, procedures, documents, obstacles, and constraints of real-life external life, the company's environment.
The involvement of a professional in university teachingg facilitates the realization of the business creation idea. The practical internship that the student completes in companies for a few months is provided by this professional throughout the years of the university program.
Understanding and mastering the business becomes easier, and the student will gain more knowledge about the daily life of a administration and management.
A university student is interested in teachingg the empirical life of business , which will be framed by theory. Studying the conditions and obligations of business by a professional who masters and practices the profession provides excellent advancement for a student and clarifies the student's data and ideas.
Through professional teaching at the university, students can begin to establish the various paths of their professional life.
Our primary objective is to find tools and means to facilitate the path for students up on leaving university, to position themselves well and avoid experiencing a dark and uncertain period in their professional life, and to avoid wasting time thinking and reflecting, and taking an enormous amount of time to implement a decision.
Teaching by a professional for modules and practical principles avoids wasted time and expense and brings satisfaction to a student's professional life.
Keywords: teacher, professional, business, student, professional environment.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL MANAGEMENT PRACTICES IN IRAQI UNIVERSITIES IMPLEMENTING HEPIQ

Osamah Mohammed Jasim
Institute of Informatics and Communication, University of Delhi, South Campus

Ali Raad Sameer
Institute of Informatics and Communication, University of Delhi, South Campus

Abstract
Iraqi higher education institutions (HEIs) have traditionally relied on manual administrative and academic systems, resulting in inefficiencies, limited data accessibility, and fragmented quality assurance practices. In response to these challenges and in alignment with global digital transformation trends, the Iraqi Ministry of Higher Education introduced the Higher Education Performance and Institutional Quality (HEPIQ) model. HEPIQ provides a structured framework to guide universities in transitioning to digital management systems, emphasizing data-driven governance and continuous institutional improvement. This study conducts a comparative case analysis of three public universities in Iraq, evaluating their operational practices before (2018–2020) and after (2021–2025) the implementation of HEPIQ-aligned digital systems. Data were collected through semi-structured interviews, institutional reports, and staff surveys, focusing on three key indicators: efficiency**,** data accessibility, and quality assurance. The findings reveal substantial improvements across all indicators, including faster administrative processing, enhanced interdepartmental data sharing, and more frequent internal audits, all of which are supported by real-time performance dashboards. The study highlights the value of structured digital frameworks like HEPIQ in enhancing institutional performance and offers recommendations for policymakers, university leaders, and future researchers. It contributes to the limited body of literature on digital transformation in Iraqi higher education and provides a model for similar contexts in the region.
Keywords: Digital transformation, Higher education, Iraq, HEPIQ, Quality assurance, Institutional performance

1. Introduction
Higher education in Iraq has been undergoing a transformation aimed at modernization and institutional strengthening. However, many universities continue to rely on manual processes for administration, record-keeping, and academic management, leading to inefficiencies, poor data management, and challenges in maintaining quality standards (Al-Khafaji & Al-Jubouri, 2022). This reliance on outdated systems hinders universities from aligning with international best practices and limits their ability to respond to crises and technological change. Globally, higher education institutions have increasingly embraced digital transformation as a strategic necessity. Digital systems support not only administrative efficiency but also improve transparency, data integration, and institutional responsiveness (OECD, 2021). In response to both global trends and internal demand for reform, the Ministry of Higher Education and Scientific Research (MOHESR) in Iraq introduced frameworks like the Higher Education Performance and Institutional Quality (HEPIQ) model to guide digital transition efforts.
HEPIQ represents a holistic model integrating performance indicators, data systems, and quality assurance mechanisms into a unified digital framework (MOHESR, 2023).

The model aims to standardize operations across universities, support evidence-based decision-making, and promote a culture of continuous quality improvement. Its implementation has prompted several public universities in Iraq to shift from manual practices to digital platforms for student management, academic planning, and institutional assessment.
The significance of this study lies in its examination of the practical impact of this shift. While the adoption of digital tools is expanding, there is a limited amount of empirical research on the before-and-after effects of implementing HEPIQ across institutional domains. Understanding how HEPIQ affects operational efficiency, data accessibility, and quality assurance processes is essential for scaling and improving Iraq's digital education agenda.

1.2 Higher Education Performance and Institutional Quality (HEPIQ) Framework

In response to both global transformation trends and internal reform pressures, Iraq's Ministry of Higher Education and Scientific Research (MOHESR) developed and introduced the Higher Education Performance and Institutional Quality (HEPIQ) model in 2021. HEPIQ represents a comprehensive framework integrating performance measurement, digital system implementation, and quality assurance mechanisms into a unified institutional development approach (MOHESR, 2023). The HEPIQ model emphasizes several core principles: Data-driven governance through integrated management information systems, Standardized performance indicators across academic and administrative domains, Continuous quality improvement supported by real-time monitoring capabilities, Stakeholder engagement through transparent reporting mechanisms, Evidence-based decision-making utilizing comprehensive institutional analytics.

1.3 Research Problem and Significance

While HEPIQ adoption has expanded across Iraqi universities, empirical research examining its practical implementation outcomes remains limited. Most existing literature focuses on policy descriptions or theoretical frameworks rather than evidence-based assessments of actual institutional transformation (Al Rubai, 2023; Younis & Al-Tamimi, 2024). This research gap limits the understanding of HEPIQ's effectiveness and constrains the development of evidence-based policy. Understanding the practical impacts of HEPIQ implementation across multiple institutional domains is essential for several reasons:

1. Policy refinement: Evidence-based insights can inform continued HEPIQ model development.
2. Scaling strategies: Success factors and implementation challenges can guide expansion efforts.
3. Regional learning: Iraq's experience can inform similar initiatives across post-conflict contexts.
4. Resource allocation: Demonstrated outcomes can support continued public investment in digital transformation.

1.4 Research Objectives

1. Evaluate the change in efficiency in academic and administrative processes after HEPIQ implementation.
2. Assess improvements in institutional data accessibility and reporting.
3. Compare quality assurance practices before and after digital transformation under the HEPIQ model.

This comparative analysis aims to provide data-driven insights into the outcomes of structured digital transformation initiatives in the Iraqi higher education sector, offering a foundation for informed policy-making and institutional capacity-building.

2. Literature Review

2.1 Digital Transformation in Higher Education

Digital transformation in higher education is broadly defined as the strategic integration of digital technologies into institutional operations to enhance performance, service delivery, and academic outcomes (Vial, 2021). It goes beyond simple digitization of records; it involves reimagining institutional processes, governance, and learning environments through the use of advanced technologies like enterprise systems, learning management systems (LMS), and data analytics. As digital ecosystems mature, universities are adopting these tools to streamline workflows, support online and blended learning, and enable data-driven decision-making (OECD, 2021). Recent global disruptions, including the COVID-19 pandemic, accelerated the adoption of digital systems, highlighting their importance in ensuring resilience and continuity in education. Institutions that had already begun investing in digital infrastructure adapted more effectively during the crisis, showcasing the transformative power of technology (UNESCO, 2022).

2.2 Management Systems in HEIs: Manual vs. Digital

Higher education institutions (HEIs), especially in developing regions, often rely on manual systems for student registration, faculty evaluation, data storage, and quality monitoring. These systems are typically paper-based, fragmented, and prone to errors and delays (Al-Khafaji & Al-Jubouri, 2022). In contrast, digital management systems offer integrated platforms for real-time data access, automated reporting, and process standardization. Research shows that digital systems significantly reduce administrative workload, enhance transparency, and improve stakeholder engagement (Jisc, 2021). The transition to digital systems in HEIs involves implementing tools such as Student Information Systems (SIS), Enterprise Resource Planning (ERP), and Quality Assurance Management Systems (QAMS), all of which contribute to institutional agility and accountability (Al-Harthy & Al-Mahrooqi, 2023).

2.3 The HEPIQ Model: Role in Institutional Performance and Quality Assurance

The Higher Education Pe EPIQ) model, developed by Iraq's Ministry of Higher ides a structured framework for institutional performa HEPIQ incorporates digital platforms to collect, analyze, and report performance data across academic departments and administrative units. It emphasizes key performance indicators (KPIs) related to teaching quality, research productivity, graduate outcomes, and institutional governance (MOHESR, 2023). By aligning digital systems with institutional goals, HEPIQ fosters a culture of continuous improvement, transparency, and evidence-based decision-making. Institutions implementing HEPIQ report improved internal monitoring, better access to institutional data, and enhanced readiness for national and international ranking systems (Younis & Al-Rubai, 2024). However, adoption varies by university due to differences in infrastructure, training, and digital maturity.

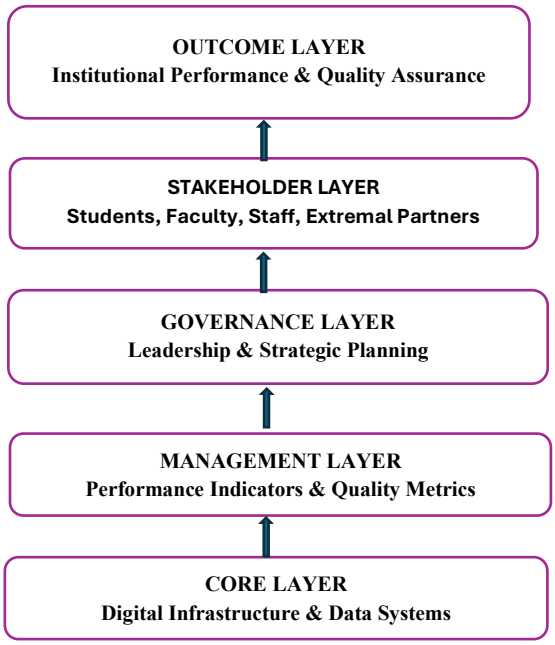


Figure 1: HEPIQ Model Structure and Components

2.4 Prior Studies on Digitalization in Developing and Emerging Countries

A growing body of literature addresses digital transformation in higher education within developing contexts (*Jasim, O. M* et al., 2024). In sub-Saharan Africa, for example, digital systems have been linked to improved administrative efficiency and broader access to education (Woldegiyorgis & de Wit, 2021). In the MENA region, countries like Jordan and Egypt have adopted national frameworks similar to HEPIQ to modernize institutional quality assurance (Elmasry & El-Masri, 2022). However, studies often highlight common barriers such as a lack of funding, limited technical expertise, resistance to change, and poor ICT infrastructure. Despite these challenges, the long-term benefits, including enhanced institutional credibility, global competitiveness, and improved student satisfaction, are consistently emphasized (Altbach & Salmi, 2023).

2.5 Gaps in the Literature: The Case of Iraq

While the global literature on digital transformation in higher education is expanding, a noticeable gap exists in the case of Iraq. Few empirical studies have explored the practical implementation of digital models, such as HEPIQ, or their impact on institutional effectiveness. Most available reports are descriptive, focusing on national policy changes rather than institutional-level outcomes (Al-Sudani, 2023). Moreover, comparative studies assessing pre- and post-digital practices remain scarce, leaving a critical gap in understanding the actual improvements brought by digital transformation initiatives.

This study aims to fill that gap by providing evidence from selected Iraqi universities that have implemented HEPIQ, contributing to both national policy discussions and international literature on digitalization in post-conflict educational systems.

3. Methodology

This study employs a comparative case study design to evaluate the impact of digital transformation using the HEPIQ model across selected Iraqi universities. The approach allows for an in-depth examination of institutional practices both before and after the implementation of HEPIQ-aligned digital systems. Comparative case studies are particularly effective in understanding how complex interventions like digital transformation operate in specific socio-institutional contexts (Yazan, 2021).

3.1 Sample Selection

The sample consists of three public universities in Iraq that have formally adopted the HEPIQ framework and begun implementing digital systems between 2021 and 2024. These universities were selected based on their accessibility, availability of historical records, and administrative willingness to participate in the study. Each institution represents a different geographical region and institutional size to allow for broader comparative insights.

3.2 Data Collection Methods

The study uses triangulation to ensure the reliability and validity of findings through multiple data sources:

i. Semi-structured interviews with faculty members, department heads, and administrative staff to explore perceptions of efficiency, data management, and quality assurance practices.
ii. Institutional reports and policy documents from 2018 to 2025 to track changes in operations and performance metrics.
iii. Surveys/questionnaires distributed to faculty and staff to quantitatively assess changes in workload, access to information, and engagement in quality processes.
These methods enable both qualitative and quantitative insights, helping to build a comprehensive picture of institutional transformation under HEPIQ.

3.3 Indicators of Analysis

The comparative analysis focuses on three core dimensions:
i. Efficiency: Evaluated through metrics such as processing time, paperwork reduction, and staff workload (*Jasim, O. M* et al., 2024).
ii. Data Accessibility: Assessed based on the availability, ease of retrieval, inter-departmental sharing, and data integrity of academic and administrative records.
iii. Quality Assurance Practices: Examined through institutional compliance with internal review mechanisms, audit processes, and alignment with national QA standards (*Jasim, O. M* et al., 2024).

3.4 Time Frame

The study compares two time periods:
i. Pre-HEPIQ Period (2018–2020): Characterized by predominantly manual systems and limited digital tools.
ii. Post-HEPIQ Period (2021–2025): Marked by the gradual implementation of HEPIQ-related digital platforms and data-driven quality assurance practices.
This time-based comparison is critical to understanding the longitudinal effects of digital transformation on institutional operations in the Iraqi higher education context

4. Results and Findings

This section presents the core findings of the comparative analysis conducted across three Iraqi universities that transitioned from manual to digital management systems under the HEPIQ framework. The results are categorized into three thematic areas: Efficiency**,** Data Accessibility, and Quality Assurance. Quantitative and qualitative data were triangulated to ensure consistency and depth of interpretation.

4.1 Efficiency

The shift from manual systems to digital platforms significantly improved administrative efficiency. Across all three case study institutions, participants reported reductions in paperwork, fewer procedural delays, and streamlined communication channels.

Key Findings:

i. Administrative workload was reduced by an average of 38%, based on staff self-reports and departmental workflow records.

ii. Processing time for common services (e.g., student registration, exam scheduling, transcript issuance) decreased from 5–7 business days (pre-HEPIQ) to 1–2 days (post-HEPIQ)**.**

iii. Staff indicated that automation features (e.g., pre-filled forms, digital approvals) minimized manual data entry and human errors.

"Before HEPIQ, I would spend most of my week processing student records manually. Now, most processes are automated, and it takes less than half the time." Administrative Officer, University B

Visual Aid 1:

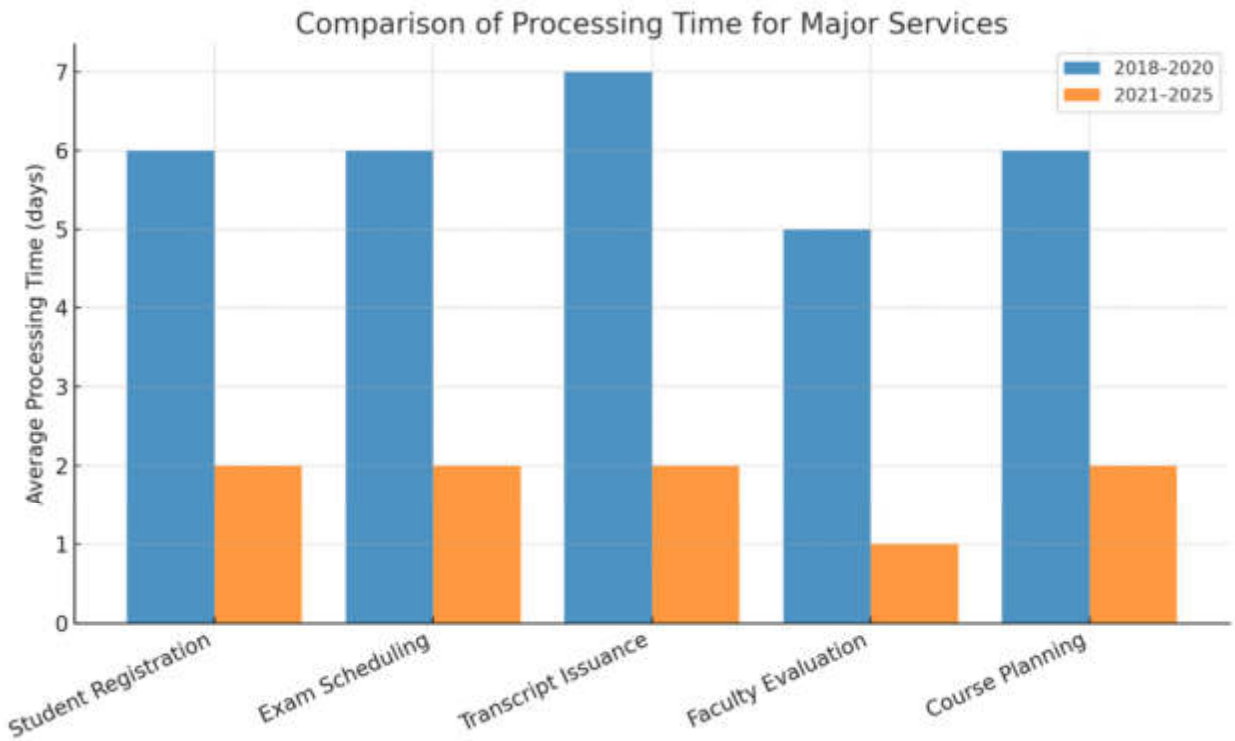


Figure 2. Average Processing Time for Major Services (2018–2020 vs. 2021–2025)

This Figure 2 compares the average processing time for five essential university services student registration, exam scheduling, transcript issuance, faculty evaluation, and course planning before and after the implementation of HEPIQ. The results indicate a significant reduction in processing time, with most services decreasing from 5–7 days (2018–2020) to 1–2 days (2021–2025). This improvement reflects the efficiency gains enabled by digital platforms and automation features, in line with MOHESR's quality assurance benchmarks.

4.2 Data Accessibility

Digital transformation also improved the availability, integrity, and use of institutional data. HEPIQ-aligned systems promoted the centralization of data, allowing departments to access shared information in real-time.

Key Findings:

i. Digitized academic and administrative records improved data retrieval speed by over **60%**, particularly for course schedules, student grades, and faculty records.
ii. Inter-departmental collaboration improved, as data was no longer siloed; 882ccess permissions allowed authorized staff to retrieve relevant records without formal requests.
iii. The institutions adopted cloud-based document management systems, ensuring secure backup and access during disruptions.

According to one IT director:

"The system's ability to unify student records across departments has completely changed how we plan our academic calendar and allocate faculty."

Visual Aid 2:

Table comparing data retrieval time (in minutes) for different record types (transcripts, schedules, faculty CVs) before and after HEPIQ.

Record Type	Avg. Retrieval Time (Pre-HEPIQ)	Avg. Retrieval Time (Post-HEPIQ)
Student Transcript	120 min	15 min
Exam Schedules	90 min	10 min
Faculty Files	60 min	8 min

4.3 Quality Assurance

Perhaps the most notable impact of HEPIQ implementation was on institutional quality assurance. By integrating key performance indicators (KPIs) into digital dashboards, universities were able to monitor performance more frequently and accurately.

Key Findings:

i. Internal audit cycles increased from annual reviews to quarterly or monthly reports**,** enabling faster response to performance issues.
ii. Real-time dashboards were implemented in all three universities, displaying data on graduation rates, research outputs, and staff performance.
iii. The quality assurance units reported a 45% increase in compliance with national accreditation benchmarks, attributed to better data availability and digital tracking.

"What used to be a once-a-year reporting headache is now part of our daily practice. We no longer wait for problems to accumulate." Quality Assurance Manager, University C

Visual Aid 3:

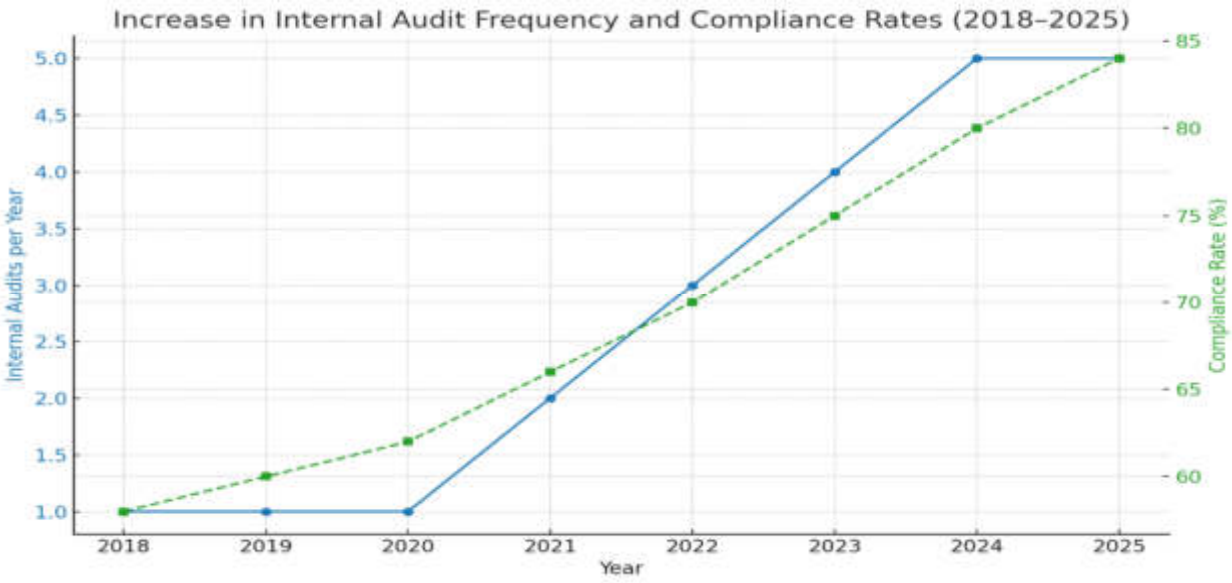


Figure 3. Increase in Internal Audit Frequency and Compliance Rates (2018–2025)

The Figure 3 illustrates the steady growth in internal audit frequency and compliance with national QA standards during the study period. Internal audits increased from one per year (2018–2020) to an average of five by 2025, while compliance rates improved from 58% to 84%. This upward trend demonstrates how HEPIQ-aligned systems strengthened monitoring capacity, facilitated real-time reporting, and enhanced adherence to MOHESR's national quality benchmarks.

4.4 Summary of Key Metrics Before and After HEPIQ

Indicator	**Pre-HEPIQ (2018–2020)**	**Post-HEPIQ (2021–2025)**
Avg. Admin Task Completion	5–7 days	1–2 days
Data Retrieval Time	60–120 min	8–15 min
Internal Audits per Year	1	4–6
QA Compliance Score	58%	84%

Supporting Literature

These findings are consistent with global and regional studies that emphasize the benefits of digital management in HEIs. According to the OECD (2021), digital systems improve workflow automation and enable transparent institutional governance. Similarly, Al-Harthy and Al-Mahrooqi (2023) highlight the role of performance dashboards in enhancing quality assurance in Middle Eastern universities.

5. Discussion

The findings of this study clearly indicate that the implementation of HEPIQ-aligned digital systems has led to significant improvements in operational efficiency, data accessibility, and quality assurance across selected Iraqi universities. These results reinforce the growing consensus that digital transformation, when guided by structured models like HEPIQ, can play a pivotal role in modernizing higher education institutions in developing and post-conflict contexts.

5.1 HEPIQ's Role in Facilitating Digital Transition

HEPIQ served not only as a performance measurement framework but also as a strategic enabler of digital change. Its emphasis on data-driven governance, institutional KPIs, and system integration created a strong foundation for transitioning from fragmented, manual processes to cohesive digital ecosystems. The consistent adoption of HEPIQ across participating institutions provided a unified structure for performance reporting and decision-making, which aligns with findings in global contexts where national frameworks accelerate institutional change (OECD, 2021). Moreover, the model's built-in performance dashboards and compliance tracking features encouraged more frequent internal audits and proactive quality assurance practices. These elements reduced reliance on sporadic, reactive reporting and helped embed continuous improvement into daily administrative routines.

5.2 Institutional Readiness and Resistance

Despite the successes, the transition was not without challenges. Institutional readiness varied significantly among the universities, affecting the speed and depth of HEPIQ implementation. Universities with pre-existing IT infrastructure and digitally literate staff advanced more quickly, while others faced delays due to outdated hardware, limited internet access, and a lack of technical training. Resistance to change was another recurring theme. Some faculty and administrators were initially reluctant to shift from familiar paper-based systems to digital platforms. Concerns over job redundancy, data security, and steep learning curves were common, echoing similar barriers identified in other developing regions (Vajrobol et al., 2025). These issues underscore the importance of change management strategies, capacity-building workshops, and inclusive communication during transformation efforts.

5.3 Implications for Staff and Management

The digital transition had mixed implications for staff and management. On the positive side, administrative employees reported reduced workloads and faster task completion, allowing them to focus on more strategic roles. Quality assurance teams benefited from real-time access to institutional metrics, improving their ability to monitor performance and prepare for accreditation reviews. However, not all effects were positive. Some staff, especially those nearing retirement or lacking digital skills, experienced stress and demotivation during the transition. This highlights the need for targeted digital literacy programs and tailored support for different staff segments. From a managerial perspective, digital systems provided greater control and visibility over institutional operations but also introduced accountability pressures. Deans and department heads were expected to act on performance data, which required new skills in data interpretation and strategic planning (Saare, M. A. et al., 2025).

5.4 Alignment with National and Regional Goals

The HEPIQ model also aligns well with Iraq's broader national digital transformation agenda and the UNESCO and World Bank frameworks for higher education reform in the Middle East. The Iraqi Ministry of Higher Education has emphasized the importance of data governance, e-management systems, and institutional rankings priorities that are directly supported by HEPIQ's design (MOHESR, 2023). Moreover, the model's focus on real-time reporting and KPIs supports Iraq's ambitions to join regional university networks and improve its visibility in global rankings. By implementing HEPIQ, Iraqi universities are not only improving internal performance but also enhancing their ability to participate in international academic collaborations, meet donor expectations, and attract foreign students and researchers.

6. Conclusion and Recommendations

This study presented a comparative analysis of management practices in Iraqi universities before and after the implementation of digital systems aligned with the HEPIQ model. The findings demonstrate significant improvements in administrative efficiency**,** data accessibility, and quality assurance post-implementation. The transition from manual to digital systems reduced processing times, enhanced interdepartmental data sharing, and facilitated real-time performance monitoring. These improvements underscore the value of digital systems in transforming institutional performance, particularly in resource-constrained or post-conflict settings like Iraq. More importantly, the study affirms the role of structured frameworks such as HEPIQ, which provide not only technical guidance but also a strategic roadmap for quality assurance and performance management.

Recommendations

i. For Policymakers: Invest in scalable digital infrastructure and enforce the national adoption of HEPIQ across all public universities. Ensure sustained funding for training and system maintenance.

ii. For University Leaders: Prioritize digital literacy among staff, embed performance culture using real-time dashboards, and appoint change champions to reduce resistance during transformation phases.

iii. For Future Research: Conduct longitudinal studies to assess the long-term effects of HEPIQ on institutional outcomes, and compare findings with other developing countries to contextualize Iraq's progress within broader global trends.

References

1. Al-Khafaji, H., & Al-Jubouri, R. (2022). Digital readiness and transformation challenges in Iraqi higher education institutions. Journal of University Development, 13(2), 45–60.

2. MOHESR. (2023). HEPIQ Model Manual for Institutional Quality and Performance. Baghdad: Ministry of Higher Education and Scientific Research.

3. OECD. (2021). Digital Transformation in Higher Education: Emerging Practices and Future Directions. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/8eecb77a-en.

4. Jasim, O. M., Aggarwal, N., Pundir, A., Saxena, G. J., & Singh, S. (2025). Strategic Reinvention of Quality Assurance Through E-Governance in Iraqi Higher Education.

5. Al-Harthy, M., & Al-Mahrooqi, H. (2023). From Paper to Platform: Digital Transformation in Middle Eastern Higher Education. International Journal of Educational Reform, 32(1), 55–72.

6. Al-Khafaji, H., & Al-Jubouri, R. (2022). Digital readiness and transformation challenges in Iraqi higher education institutions. Journal of University Development, 13(2), 45–60.

7. Vajrobol, V., Jasim, O. M., Aggarwal, N., Pundir, A., Singh, S., & Saxena, G. J. (2025). Blockchain Technology Applications for E-Government and Trust. In Blockchain Technology for Cyber Defense, Cybersecurity, and Countermeasures (pp. 174-194). CRC Press.

8. Al-Sudani, H. (2023). Institutional governance and digital reform in Iraqi higher education. Baghdad Journal of Education and Technology, 5(1), 88–102.

9. Altbach, P. G., & Salmi, J. (2023). Higher Education in Developing Countries: Challenges for the 21st Century. World Bank Education Series.

10. Elmasry, H., & El-Masri, M. (2022). Quality Assurance Frameworks in Arab Higher Education: National Adaptations and Digital Tools. Arab Journal of Quality in Higher Education, 6(2), 22–38.

11. Jisc. (2021). Digital Transformation in Tertiary Education. Retrieved from https://www.jisc.ac.uk/reports.

12. Vial, G. (2021). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Journal of Strategic Information Systems, 30(1), 100–122.

13. Woldegiyorgis, A. A., & de Wit, H. (2021). The digital turn in African higher education: Progress and pitfalls. International Higher Education, 106, 12–14.

14. Younis, M., & Al-Rubai, S. (2024). Evaluating the Impact of HEPIQ in Public Universities in Iraq. Iraqi Journal of Institutional Reform, 2(1), 33–50.

15. Jasim, O. M., Nandy, A., & Baranwal, P. (2024). Artificial intelligence for efficient administrative processes in Iraqi higher education. In 13th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference, Mardin, Turkey. Retrieved from www. artuklukongresi. org.

16. Al-Harthy, M., & Al-Mahrooqi, H. (2023). From Paper to Platform: Digital Transformation in Middle Eastern Higher Education. International Journal of Educational Reform, 32(1), 55–72.

17. UNESCO. (2022). Reimagining Education: Digital Learning and Transformation Post-COVID. Paris: UNESCO.

18. Jasim, O. M., Baranwal, P., & Nandy, A. (2024). BRIDGING THE GAP: A STRATEGIC FRAMEWORK FOR E-GOVERNANCE IN IRAQI UNIVERSITIES.

19. Altbach, P. G., & Salmi, J. (2023). Higher Education in Developing Countries: Challenges for the 21st Century. World Bank Education Series.

20. Yazan, B. (2021). Three Approaches to Case Study Methods in Education: Yin, Merriam, and Stake. Journal of Research Design in Higher Education, 9(1), 43–56. https://doi.org/10.1080/08989621.2021.1923849.

21. Saare, M. A., Jasim, O. M., Mahdi, A. A., & Hussain, A. (2018). Using big data in healthcare context: A conceptual study. International Journal of Engineering & Technology, 7(20), 882-886.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

APPLICATION OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR FLOOD FORECASTING IN VIETNAM

Nguyen The Long
Department of Informatics, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University
Faculty of Information Technology, Sao Do University

Nguyen Thu Huong
University of Information and Communication Technology, Thai Nguyen University
Department of Informatics, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University

Shmeleva Anna G
Department of Informatics, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University

Pham Van Kien
Faculty of Information Technology, Sao Do University

Nguyen Minh Tuong
Department of Informatics, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University

Abstract
Floods are a recurring natural event that inflict serious harm on infrastructure, agriculture, and national economies globally. Predicting these disasters is a crucial mission for prevention and damage reduction. Traditional models remain limited because they depend on numerous input parameters—including water levels, flow rates, evaporation, infiltration, and soil moisture—and are highly time-consuming to simulate. Moreover, developing, running, and interpreting results from physics-based models demands expertise in hydrology, hydraulics, and other specialized areas. As a result, using these models effectively for real-time flood warnings remains challenging. A promising path forward is to combine conventional mathematical models with machine learning techniques that can directly process, analyze, and learn from large-scale data. This capacity for handling big data is why machine learning has recently drawn significant interest from hydrologists and is being increasingly used across diverse applications. Deep learning is a powerful technique that enables computers to learn from data, making it highly suitable for analyzing the complex relationships between factors that influence natural disasters. Numerous studies on applying machine learning to disaster risk forecasting have demonstrated remarkable results. These models have enhanced the accuracy and reliability of forecasts in many parts of the world. However, this work also presents many challenges. These include selecting the right influencing factors for a specific area, ensuring the quality of the collected data, optimizing the machine learning model itself, and adapting the model for practical use when local conditions change. The Convolutional Neural Network (CNN) is an architecture primarily designed for processing spatial data like images and videos. However, for the task of generating flood maps, the input data is adapted into a 2-dimensional matrix. In this matrix, one axis represents time and the other represents the feature variables.

The initial dataset is partitioned into two subsets: a training set and a testing set. The training set is used as input to train the model, while the testing set is reserved to evaluate its final predictive performance. Within the CNN training process, the training data is fed into the network. After each training iteration (epoch), the network calculates a loss value by comparing its predictions to the actual values and subsequently adjusts its internal weight matrices. This process is repeated, with the model continuously updating its weights to minimize error. The final output of this process is a trained model, which is essentially the set of weights that achieved the smallest possible error on the training data. This optimized model is then used for making predictions on new, unseen data. Selecting, training, and evaluating machine learning models is a core challenge in natural disaster forecasting. While many model types exist, no single one is optimal for every scenario. Therefore, a standard practice is to develop and compare multiple models to identify the best performer. This is crucial as deep learning models, despite their power, can be susceptible to issues like overfitting, training instability, and a lack of interpretability.

This approach was demonstrated in a comparative study. First, a Convolutional Neural Network (CNN) was built and trained from scratch, achieving a test accuracy of 91.5%. Second, the VGG-16 architecture was utilized with transfer learning—leveraging its pre-trained weights as a starting point. This second model significantly outperformed the first, achieving a higher test accuracy of 95.7%. The results indicate that for this specific task, transfer learning with a pre-trained network like VGG-16 was a more effective strategy than training a custom CNN from scratch.

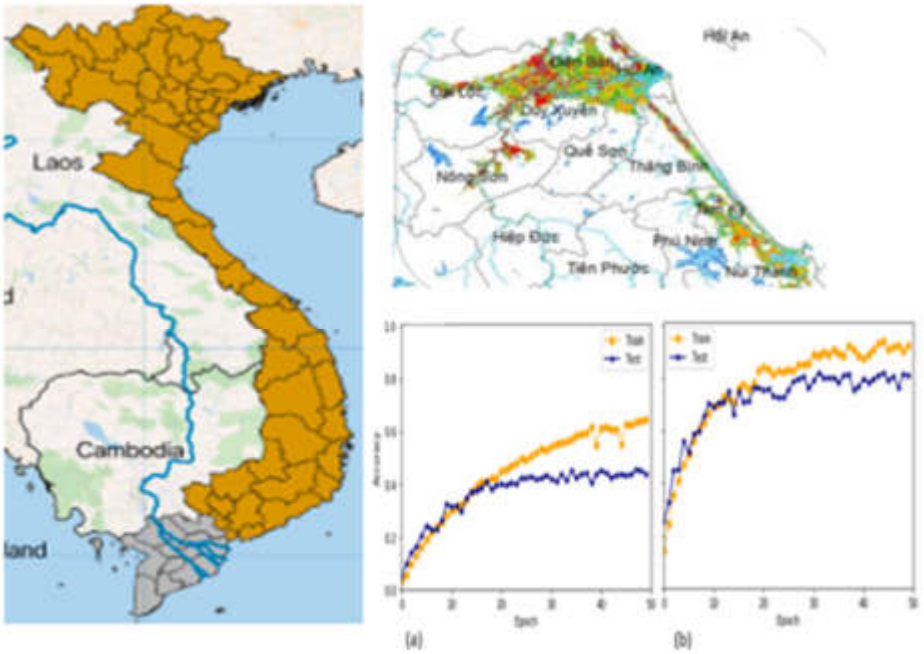


Figure 1. Accuracy of training and testing process, 3.a – CNN with pretrained, 3.b –CNN with VGG-16

By using gate mechanisms to control the flow of information during the computation of hidden states, the LSTM model has significantly improved its ability to learn and understand long-term dependencies in sequential data compared to traditional RNN

Keywords: Flood prediction, flood mapping, natural disasters, damage reduction, machine learning, deep learning, convolutional neural network.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

KÜTÜPHANE ÇALIŞANLARININ YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİNE İLİŞKİN TUTUMLARI: İZMİR BELEDİYELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Prof. Dr. Mehmet Ali AKKAYA
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0003-2496-7315

ÖZET
Günümüzde yapay zekâ teknolojileri, bilgi yönetimi ve kütüphanecilik alanlarında önemli dönüşümlere yol açmakta, mesleğin tüm paydaşlarının yetenek ve yeterlilikleri ile birlikte, hizmet süreçlerinin aşamalarını da başkalaştırmaktadır. Buna bağlı olarak söz konusu teknolojiler, kütüphane hizmetlerinin etkinliğini artırmak, bilgiye erişimi hızlandırmak ve kullanıcı deneyimini geliştirmek amacıyla giderek yaygınlaşmaktadır. Ancak, teknolojik gelişmelerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle bu araçları kullanan kütüphane çalışanlarının tutumları ve algılarının anlaşılması gerekmektedir. Bu bağlamda, kütüphane çalışanlarının yapay zekâ teknolojilerine yönelik tutumlarının belirlenmesi, teknolojilerin benimsenmesi ve uyumlaştırılması sürecinin sağlıklı işlemesi açısından kritik öneme sahiptir.
Bu çalışmada, İzmir ilindeki belediyelere bağlı kütüphanelerde görev yapan çalışanların yapay zekâ teknolojilerine ilişkin tutumlarının genel bir değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. İzmir Büyükşehir Belediyesi ile birlikte aynı zamanda kentin kütüphane hizmetleri bakımından görece daha yetkin belediyeleri arasında yer alan İzmir'in merkez ilçeleri çalışmanın evrenini oluşturmaktadır. Araştırmanın kapsamı, demografik özellikler (yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, çalışma süresi) ve yapay zekâya yönelik tutum arasındaki ilişkiyi seçili evren üzerinden ortaya koymakla sınırlıdır. Çalışmada ayrıca, araştırma sınırlılıkları aşılmadan katılımcıların teknolojiyi kullanma düzeyleri ve mesleki rollerine etkisi gibi faktörler de incelenmiştir.
Araştırmada nicel yöntem benimsenmiş olup, veri toplama aracı olarak 5'li Likert tipi ölçek içeren anket formu kullanılmıştır. Çalışmanın evrenini oluşturan belediye kütüphanelerinde toplam 69 çalışan olduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan anket 69 çalışan ile elektronik ortamdan paylaşılmıştır. Ankete 60 kütüphane çalışanı katılmıştır. Araştırma sonunda, kütüphane çalışanlarının genel olarak yapay zekâ ve yapay zekâ araçlarına yakınlık duydukları ancak bu teknolojiyi iş süreçlerinde ve hizmetlerin geliştirilmesinde nasıl kullanacakları konusunda yeteri kadar bilgi sahibi olmadıkları tespit edilmiştir. Ankete katılan kütüphane çalışanlarının bir bölümünün yapay zekânın geleceği açısından farklı kaygılarının da olduğu görülmüştür. Belediye kütüphaneleri ve çalışanları bağlamında ulusal literatür açısından bir ilk olma özelliği taşıyan bu araştırmanın ve sonuçlarının yapılacak benzer çalışmalar açısından ufuk açıcı olacağı değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, tutum, kütüphane çalışanları, belediye kütüphaneleri, İzmir.

LIBRARY EMPLOYEES' ATTITUDES TOWARDS ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES: A STUDY ON MUNICIPALITIES IN IZMIR

ABSTRACT
Today, artificial intelligence technologies are leading to significant transformations in the fields of information management and librarianship, altering the skills and competencies of all members of the profession, as well as the stages of service processes.

Consequently, these technologies are increasingly widespread, aiming to increase the effectiveness of library services, accelerate access to information, and enhance the user experience. However, for the successful implementation of technological advancements, it is crucial to understand the attitudes and perceptions of library staff who use these tools. In this context, determining the attitudes of library staff toward artificial intelligence technologies is critical for the smooth operation of the technology adoption and adaptation process.
This study aims to provide a general assessment of the attitudes of employees working in municipal libraries in Izmir province toward artificial intelligence technologies. The population of the study consists of the Izmir Metropolitan Municipality, as well as the central districts of Izmir, which are among the city's relatively more competent municipalities in terms of library services. The scope of the research is limited to revealing the relationship between demographic characteristics (age, gender, education level, and length of service) and attitudes toward artificial intelligence through the selected population. The study also examined factors such as participants' level of technology use and its impact on their professional roles, without exceeding the research limitations.
The research adopted a quantitative method, and a survey form with a 5-point Likert-type scale was used as the data collection tool. A total of 69 employees were identified in municipal libraries, which constituted the study population. The prepared survey was shared electronically with these 69 employees. Sixty library employees participated in the survey. The study concluded that library employees generally have an affinity for artificial intelligence and AI tools, but lack sufficient knowledge about how to use this technology in business processes and service development. Some of the library employees who participated in the survey also had various concerns about the future of AI. This research, a first in the national literature regarding municipal libraries and their employees, and its results are considered insightful for similar studies.
Keywords: Artificial intelligence, attitude, library workers, municipal libraries, Izmir.

GİRİŞ

Günümüzde teknolojik gelişmelerin baş döndürücü hızla ilerlemesi, birçok meslek alanında köklü dönüşümlere neden olmaktadır. Bu dönüşümden en çok etkilenen alanlardan biri de bilgi yönetimi ve kütüphanecilik sektörüdür. Özellikle yapay zekâ (YZ) teknolojileri, bilgiye erişim, bilgi işleme ve kullanıcı hizmetleri süreçlerinde yeni olanaklar sunarak, geleneksel kütüphane hizmetlerini yeniden şekillendirmektedir. Yapay zekâ; otomasyon, doğal dil işleme, makine öğrenmesi ve öneri sistemleri gibi uygulamalar aracılığıyla hem kütüphane çalışanlarının iş yükünü azaltmakta hem de kullanıcıların bilgiye erişimini hızlandırmaktadır. Bu teknolojilerin doğru ve etkin kullanımı ise yalnızca teknik altyapıya değil, aynı zamanda bu araçları kullanan bireylerin teknolojiye yönelik tutumlarına da bağlıdır.
Kütüphane hizmetlerinin dijitalleşmesi sürecinde, çalışanların yapay zekâ teknolojilerine yönelik algıları, söz konusu teknolojilerin kurumsal düzeyde benimsenmesi ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanması açısından kritik bir role sahiptir. Bu bağlamda, kütüphane çalışanlarının yapay zekâya yönelik tutumlarının incelenmesi, yalnızca mevcut durumu anlamakla kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki dijital dönüşüm stratejilerinin de sağlıklı bir şekilde planlanmasına olanak tanır. Özellikle yerel yönetimlere bağlı kütüphaneler gibi kamuya hizmet sunan kurumsal yapılar açısından, bu dönüşümün başarısı, çalışanların teknolojiye olan yaklaşımıyla doğrudan ilişkilidir.

İlgili mevzuatta "belde sakinlerinin mahallî müşterek nitelikteki ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan ve karar organı seçmenler tarafından seçilerek oluşturulan, idarî ve malî özerkliğe sahip kamu tüzel kişisi" (Belediye Kanunu, 2005) olarak tanımlanan belediyeler, kent ve kentli kimliğine bağlı olarak, günümüzün en yaygın toplumsal yaşam alanlarıdır. Genel bir yaklaşımla; farklı sosyal sınıflardan oluşan bir toplumun, yapay çevreyi doğal çevreye egemen kıldığı bir ortamda ve kentsel yaşam kurallarına uygun olarak yaşamlarını sürdürdükleri yerleşme yeri olarak nitelenen kent kavramına ilişkin farklı disiplinlerde yapılmış çok sayıda tanım vardır (Mumford, 1997; Kaya, Şentürk, Danış ve Şimşek, 2008). Türk Dil Kurumu tarafından "tarım dışı etkinliklere, özellikle işleyim ve hizmet etkinliklerine dayalı, on binden daha kalabalık nüfuslu yerleşim yeri" (Güncel Türkçe Sözlük, 2020) şeklinde tanımlanan kent kavramı ve kapsamına bakış açısı değiştikçe, tanımı da değişmektedir. Nüfus büyüklüğü, idari statü, nüfusun yapısı, iş bölümü ve uzmanlaşma, örgütlenme biçimi, işlev alanlarındaki farklılaşma, iş gücünün sektörel dağılımı, heterojenlik, fiziksel doku, üretimin yapısı gibi ölçütler söz konusu değişikliği şekillendiren temel dinamiklerdir (Dinçer'den aktaran Kaya, 2017, ss. 4-5). Günümüzde bu değişimin en dinamik araçları, doğrudan ve/veya dolaylı olarak bilgi üzerine inşa edilmiş durumdadır. Söz konusu yakınsama, "yerel yönetimler" olarak da tanımlanan belediyelerin bilgi tabanlı hizmet sunum sorumluluğunun da çıkış ve yaygınlaşma noktasıdır (Akkaya, 2024, s.79).

Belediyeler, sakinlerinin mahallî müşterek nitelikteki ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla her türlü faaliyet ve girişimde bulunmakla mükelleftir. Mevzuatla belirlenen tanım ve sorumluluklar çerçevesinde, belediye yapısının ayırt edici temel özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Yılmaz, 2016; Alaca ve Topal, 2023);

- Belirli bir yörede yaşayanların "ortak" gereksinimlerini karşılamak üzere kurulmuştur,
- Yönetimi toplumun seçtiği kişilerden oluşur,
- Özerk bir yapıya sahiptir,
- Tüzel bir kişiliğe sahiptir.

Belediyeler, hizmet verdikleri bölgenin kültürel ve toplumsal yapısı, o bölgede yaşayan insan profili ile onların beklentileri hakkında doğrudan gözlemlerin yapılabildiği ve daha doğru bilgilerin derlenebildiği kurumlardır. Derlenen bilgiler ve gözlemler ışığında vatandaşlarının çok farklı alanlardaki taleplerini karşılamayı hedefleyen belediyelerin yürüttükleri/yürütmeleri beklenen etkinliklerden biri de kültür ve sanat faaliyetleridir (Polat ve Akkaya, 2016, s. 320). Bu sorumluluk, ilgili mevzuatla da vatandaşların lehine güvence altına alınmıştır. 5393 sayılı Kanun kapsamında belediyelerin görevleri; "imar, su ve kanalizasyon, ulaşım gibi kentsel alt yapı…, kültür ve sanat, turizm ve tanıtım, gençlik ve spor orta ve yüksek öğrenim öğrenci yurtları; sosyal hizmet ve yardım, nikâh, meslek ve beceri kazandırma; ekonomi ve ticaretin geliştirilmesi hizmetlerini yapmak ve yaptırmak" (Belediye Kanunu, 2005) olarak belirlenmiştir. Belediyelerin asli görevleri arasında yer alan kültür hizmetleri bağlamında ise Kanun'un 77'nci maddesinde; "Belediye; sağlık, eğitim, spor, çevre, sosyal hizmet ve yardım, kütüphane, park, trafik ve kültür hizmetleriyle yaşlılara, kadın ve çocuklara, engellilere, yoksul ve düşkünlere yönelik hizmetlerin yapılmasında beldede dayanışma ve katılımı sağlamak, hizmetlerde etkinlik, tasarruf ve verimliliği artırmak amacıyla gönüllü kişilerin katılımına yönelik programlar uygular" (Belediye Kanunu, 2005) denilmektedir. Türkiye'deki belediyecilik sistem ve anlayışının önemli bir parçasını oluşturan, hizmet verilen vatandaş ve seçmen popülasyonu açısından ülkemizdeki nüfusun büyük bir bölümünün yaşadığı yerleri kapsayan 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu da benzer biçimde büyükşehir belediyelerine kent kültürü ve belleği ile ilgili sorumluluklar getirmektedir.

İlgili kanunun 7'nci maddesinde; "Büyükşehrin bütünlüğüne hizmet eden sosyal donatılar, bölge parkları, hayvanat bahçeleri, hayvan barınakları, kütüphane, müze, spor, dinlence, eğlence ve benzeri yerleri yapmak, yaptırmak, işletmek veya işlettirmek;… Gerektiğinde mabetler ile sağlık, eğitim ve kültür hizmetleri için bina ve tesisler yapmak…" (Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 2004) şeklinde ifade edilen görevler, büyükşehir belediyelerinin bu yöndeki sorumluluklarını kapsamaktadır.

Yukarıda özetlenen ilgili mevzuat unsurlarına göre yöre halkına, vatandaşlara ve seçmenlere kütüphane hizmeti vermek, belediyelerin asli vazifelerindendir. Bunun yanı sıra, eğitimi destekleme adına yapılacak tüm faaliyetler belediyelerin görevleri arasında yer almaktadır ve kütüphaneler söz konusu hizmetlerden ayrı değerlendirilemez. Bu nedenle yerel düzeyde kütüphane ve bilgi hizmetleri, belediyelerin kültürel hizmetler kapsamında düşünüp planladıkları ve gerçekleştirdikleri, yerel ve ulusal düzeyde katma değer anlamında belki de en fazla yararın elde edildiği hizmetlerdendir (Hajek ve Stejskal, 2017, s. 569).

Bu çalışmada, Türkiye'nin kültürel altyapısı en güçlü şehirlerinden biri olan İzmir ilindeki belediye kütüphanelerinde görev yapan çalışanların yapay zekâ teknolojilerine ilişkin tutumlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, tüm paydaşlar için bu kapsamda bir değer yaratılmaya çalışılmıştır. Evreni oluşturan belediye kütüphaneleri çalışanları ile yapılan anket uygulamasından derlenen veriler, çalışmanın amaç ve hipotezine uygun olarak incelenmiş ve analiz edilmiştir. Araştırmada, belediye kütüphaneciliği açısından ulusal ölçekte farklı bir farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır.

Belediye kütüphaneleri özelinde yürütülen bu araştırma, Türkiye'deki literatür açısından önemli bir boşluğu doldurmakta ve gelecekte yapılacak çalışmalara hem kuramsal hem de uygulamalı anlamda katkı sunma potansiyeli taşımaktadır. Bu yönüyle çalışma, yerel yönetimlerin dijitalleşme süreçlerinde dikkate alınması gereken insan faktörünü ön plana çıkarmakta ve teknolojik dönüşümün yalnızca araçsal değil, aynı zamanda sosyo-kültürel bir boyut taşıdığını da vurgulamaktadır.

Amaç, Kapsam ve Yöntem

Yerel yönetim mekanizması olarak belediyelerin seçmenlerinin sosyal ve kültürel gereksinimlerini karşılamaya yönelik hizmetler sunması dünyada yaygın bir uygulamadır. Hatta belediyelerin bu kapsamda değerlendirilebilecek hizmet ağı ve bu hizmetlerdeki başarısı, günümüzde seçmen tercihini belirleyen unsurlardan biridir. Belediyelerin söz konusu hizmet ağı kapsamında sunduğu ya da sunması beklenen hizmetlerden biri de kütüphanecilik faaliyetleridir. Belediyelerin seçmenlerinin bilgi temelli gereksinimlerini giderme sorumluluğunun somutlaştığı noktalardan biri olan kütüphanecilik hizmetleri, merkezi kütüphane anlayışı ve hizmet sunumunda olduğu gibi bilginin evreninde yaşanan değişimlerden doğrudan etkilenir, ortaya konan yeniliklere uyum sağlayarak hizmetleriyle birlikte dönüşür. Günümüzde değiştirme ve dönüştürme gücü en yüksek yeniliklerin başında ise şüphesiz yapay zekâ ve beraberinde getirdikleri yer almaktadır.

Aralarında belediye kütüphanelerinin de yer aldığı hemen tüm kütüphane türleri, bilgi kaynaklarının yönetimi ve erişimini sağlamak için yapay zekâ ve beraberinde getirdiği teknolojilerinden giderek daha fazla yararlanmaktadır (Kavak, 2024, s. 232). Yapay zekâ teknolojileri, kütüphane hizmetlerinin verimliliğini artırmak ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, kütüphanecilik alanında gittikçe daha fazla rol oynamakta ve kütüphanecilerin görevlerini ve çalışma şekillerini dönüştürmektedir (Oyelude, 2021, s.1). Bu nedenle, yapay zekânın kütüphanecilik mesleği üzerindeki etkilerini ve kütüphanecilerin bu teknolojilere yönelik tutumlarını anlamak önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, İzmir ilinde belediyelere bağlı kütüphanelerde görev yapan çalışanların yapay zekâ teknolojilerine yönelik tutumlarını değerlendirmek; tutum düzeylerini yaş, cinsiyet, eğitim, görev süresi gibi demografik değişkenler açısından incelemektir. Söz konusu amaç odağında çalışmanın üzerinde durulan ve mevcut durumun iyileştirilmesi adına elde edilen bulgular ışığında çözüm önerileri getirilen problemi ise; "belediyelerin kültür hizmetlerinin önemli bir bileşeni olan kütüphane hizmetlerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde yapay zekânın rolü ve önemi kütüphane çalışanları tarafından henüz yeterinde kavranamamış, bu nedenle de söz konusu yenilik tam anlamıyla bir katma değere dönüştürülememiş" şeklinde kurgulanmıştır. Zira yapay zekâ teknolojileri, bilgi yönetimi ve kütüphanecilik alanlarında önemli bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. Otomatik sınıflandırma, bilgi erişim sistemleri, chat botlar ve kullanıcı hizmetlerinde yapay zekâ destekli çözümler, geleneksel kütüphane uygulamalarını yeniden şekillendirmektedir. Ancak bu dönüşümde insan faktörü, özellikle de kütüphane çalışanlarının teknolojiye olan tutumları, uygulamanın başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye'deki belediye kütüphanelerinde görev yapan personelin yapay zekâ teknolojilerine karşı yaklaşımı, bu sürecin geleceğini doğrudan etkileyebilecek bir faktördür.

Araştırmada "kütüphane çalışanlarının yapay zekâya yönelik tutumları genel olarak olumlu olmakla birlikte, yapay zekâ teknolojisini kullanma ve kullandırma açısından bazı çekinceleri de vardır" hipotezi üzerine kurgulanmıştır. Bu hipotezde dile getirilen tutum, kaygı ve belirsizilik hislerinin demografik özelliklere göre de değişeceği araştırmanın ön kabulüdür. Çalışmada: kütüphane çalışanlarının yapay zekâya yönelik genel tutumları nasıldır; katılımcıların demografik özelliklerine göre (yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, deneyim süresi) yapay zekâya yönelik tutumlarında farklılık var mıdır; katılımcıların yapay zekâ teknolojilerini kullanma düzeyleri nedir; çalışanlar teknolojilerinin mesleki rollerini nasıl etkileyeceğini düşünmektedir; belediye kütüphanelerinde yapay zekâ uyumlaşmasına yönelik hazırbulunuşluk düzeyi nedir sorularına yanıt aranmıştır.

Çalışmanın kapsamını İzmir Büyükşehir Belediyesi ile birlikte, siyasi yapılanmada İzmir'in merkez ilçeleri olarak belirlenen ve belediyeler (Balçova, Bayraklı, Bornova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Güzelbahçe, Karabağlar, Karşıyaka, Konak ve Narlıdere) oluşturmaktadır. Farklı içerik ve önceliklerle, farklı türlerdeki bilgi merkezleriyle kent sakinlerine kütüphane hizmeti veren söz konusu belediyeler, her fırsatta ve platformda aralarında kütüphanelerinde yer aldığı kültür hizmetlerini birincil gruplu hizmet ağı içerisinde gördüklerini ifade etmektedir. İzmir Büyükşehir Belediyesi ile birlikte 12 belediyenin sunduğu kütüphane hizmetlerinde görev yapan personel sayısı, 2025 Ağustos ayı itibariyle 69 kişidir. Bu sayı aynı zamanda araştırmanın evrenini oluşturmaktadır.

Temelde nicel bir araştırma olan çalışmanın kuramsal bölümlerin ve kavramsal arka planın kurgulanmasında betimleme yönteminden yararlanılmıştır. Betimleme, araştırmaya konu olan olay, grup veya varlığı tanımlayan ve açıklayan bir araştırma yöntemidir. Betimleyici araştırmalar ise araştırılan konunun problemine ilişkin olarak betimlemesini ve tasvir edilmesini amaçlayan çalışmalardır (Yıldırım ve Şimşek, 2021, s. 224). Söz konusu bölümlerin yazımında, veri toplama aracı olarak literatür taramasından yararlanılmıştır. Literatür taraması, alan yazın kapsamında mevcut kaynak ve belgelerin incelenmesine dayalı veri toplama tekniğidir (Karasar, 2023, s. 94). Çalışmanın kapsamını oluşturan ilçelerde kütüphanelerde istihdam edilen çalışanların konu hakkındaki görüş, bilgi ve düşüncelerinin derlenmesi için ise anket tekniğinden yararlanılmıştır. Anket tekniği, araştırma konusu ile ilgili ve çalışmanın amacına uygun olarak hazırlanan ve katılımcılara yöneltilen soruların yer aldığı dokümandır (Aziz, 2022, s.83). Bu çalışmada anket yapılandırılmış sorulardan oluşan bir doküman olarak düzenlenmiştir.

Ankette, demografik bilgilerin derlendiği ilk bölümün dışında 15 soru yer almaktadır. Anket formu, alan yazın taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda oluşturulmuş ve ön uygulama yoluyla gerekli dil ve ifade düzenlemeleri yapılmıştır.
Anket formunda 3'lü Likert ölçeği (1=katılıyorum – 2=kararsızım – 3=katılmıyorum) kullanılmıştır. Anket uygulaması, araştırmanın amacına uygun olarak çevrimiçi (Google Forms) gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara anketin amacı, gizlilik ilkeleri ve veri kullanım şartları hakkında bilgi verilmiş, onayları alındıktan sonra veri toplama süreci başlatılmıştır. Veri toplama süreci yaklaşık 20 gün (28 Temmuz 2025 – 18 Ağustos 2025) sürmüş ve bu süre zarfında toplam 60 geçerli anket formu toplanmıştır. Cohen, Manion ve Morrison (2000) ile Sekaran ve Bougie (2016)'a göre evren büyüklüğü 70 olan bir grubun +-%0,05 hata payı ile evreni temsil edecek örneklem sayısı 59 olarak belirlenmiştir. Bu temsil oranı 69 evren büyüklüğü için toplam 60 örneklemle karşılanmaktadır. Araştırma kapsamında elde edilen veriler betimsel istatistikler kullanılarak özetlenmiş ve değişkenler açısından anlamlı farklılıklar da dikkate alınarak yorumlanmıştır.

Bulgular

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, araştırmanın amacı ve kapsamı gözetilerek aşağıda ayrıntılandırılmış ve yorumlanmıştır.

Tablo 1. Anket katılan kütüphane çalışanlarının belediyelere göre dağılımı

İlçeler	Çalışan Sayısı	(%)	Katılımcı Sayısı	(%)
İzmir Büyükşehir Belediyesi	17	24,64	15	25,00
Balçova Belediyesi	1	1,45	--	--
Bayraklı Belediyesi	5	7,25	5	8,33
Bornova Belediyesi	6	8,70	5	8,33
Buca Belediyesi	15	21,74	13	21,67
Çiğli Belediyesi	6	8,70	4	6,67
Gaziemir Belediyesi	3	4,34	3	5,00
Güzelbahçe Belediyesi	2	2,88	2	3,33
Karabağlar Belediyesi	1	1,45	1	1,67
Karşıyaka Belediyesi	8	11,60	7	11,67
Konak Belediyesi	5	7,25	5	8,33
Narlıdere Belediyesi	--	--	--	--
Toplam	**69**	**100**	**60**	**100**

Tablo 1'de, İzmir'deki büyükşehir ile çeşitli ilçe belediyelerindeki çalışan ve araştırmaya katılan kütüphane çalışanı sayıları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. İlgili verilerin yorumundan önce, İzmir'in büyükşehir ve merkez ilçe belediyelerinde kütüphane hizmeti vermekle görevlendirilmiş çalışan sayısının Türkiye'nin diğer iki büyük şehri olan İstanbul ve Ankara ile kıyaslandığında çok daha az olduğunu belirtmekte yarar var (Akkaya, 2024).
Verilere göre kütüphanelerde ve kütüphane hizmetlerinde en yüksek çalışan ve katılımcı sayısına İzmir Büyükşehir Belediyesi (%24,64 çalışan, %25 katılımcı) ve Buca Belediyesi (%21,74 çalışan, %21,67 katılımcı) sahiptir. Bu iki belediye, toplam katılımın neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Karşıyaka, Bornova, Konak ve Bayraklı belediyeleri de dengeli katılım oranlarıyla öne çıkmaktadır. Öte yandan Balçova Belediyesi'nde yalnızca bir çalışan vardır ve bu kişi araştırmaya katılmamıştır.

Narlıdere Belediyesi'nde ise resmi olarak belediyenin kütüphane hizmeti sunumu ve bu hizmetin sunumunda sorumlu çalışan bulunmadığı için, konuya ilişkin hiç veri bulunmamaktadır. Genel olarak çoğu belediyede çalışan-katılımcı oranı birbirine yakın olup, bu durum ilgili faaliyete aktif katılım sağlandığını göstermektedir; ancak bazı belediyelerde katılım eksikliği, bilgilendirme ya da organizasyon açısından sorunlar olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 2. Katılımcıların demografik özellikleri - I

Demografik Özellik	**Katılımcı Sayısı**	**(%)**
Cinsiyet		
Kadın	37	61,66
Erkek	23	38,34
Toplam	**60**	**100**
Yaş		
18–25 yaş	8	13,33
26–35 yaş	11	18,33
36–45 yaş	16	26,67
46–55 yaş	19	31,67
56 yaş ve üzeri	6	10,00
Toplam	**60**	**100**

İzmir Büyükşehir Belediyesi ve merkez ilçe belediyelerine bağlı kütüphanelerde görev yapan personelin cinsiyet ve yaş dağılımının ayrıntısı, Tablo 2'de gösterilmiştir. Cinsiyet açısından bakıldığında, katılımcıların çoğunluğunu kadınlar oluşturmaktadır. Toplam 60 katılımcının 37'si kadın (%61,66), 23'ü ise erkektir (%38,34). Bu durum, kütüphane hizmetlerinde kadın çalışanların daha fazla yer aldığını göstermektedir.

Yaş dağılımına bakıldığında ise en yüksek yoğunluk 46–55 yaş aralığındaki personelde görülmektedir (%31,67), onu 36–45 yaş aralığı (%26,67) ve 26–35 yaş grubu (%18,33) takip etmektedir. Genç yaş grubu olan 18–25 yaş aralığı bütün içinde %13,33 oranında temsil edilirken, 56 yaş ve üzeri personel oranı %10 ile en düşük grubu oluşturmaktadır. Bu veriler, kütüphane personelinin çoğunlukla orta yaş grubunda yoğunlaştığını ve deneyimli personelin ağırlıkta olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda genç çalışan oranının görece düşük olması, genç istihdamın sınırlı kaldığına da işaret etmektedir. Genel olarak tablo, kütüphane çalışanlarının yaş ve cinsiyet bakımından dengeli ancak deneyime dayalı bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3. Katılımcıların demografik özellikleri - II

Demografik Özellik	**Katılımcı Sayısı**	**(%)**
Eğitim Düzeyi		
Lise	17	28,33
Ön Lisans	20	33,33
Lisans	18	30,00
Yüksek Lisans	4	6,67
Doktora	1	1,67
Toplam	**60**	**100**
Kütüphanede Çalışma Süresi		
1 yıldan az	14	23,33
1–5 yıl	24	40,00
6–10 yıl	11	18,34
11–15 yıl	8	13,33
16 yıl ve üzeri	3	5,00
Toplam	**60**	**100**

Tablo 3, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve merkez ilçe belediyelerine bağlı kütüphanelerde görev yapan personelin eğitim düzeyi ile kütüphanelerdeki çalışma sürelerini ortaya koymaktadır. Eğitim düzeyine bakıldığında, en yüksek oran %33,33 ile ön lisans mezunlarına aittir. Bunu %30 ile lisans mezunları ve %28,33 ile lise mezunları takip etmektedir. Yüksek lisans mezunu personel oranı %6,67 iken, doktora düzeyinde eğitim almış personel oranı yalnızca %1,67'dir. Bu dağılım, personelin büyük çoğunluğunun lise ve ön lisans-lisans düzeyinde eğitime sahip olduğunu, akademik düzeyde eğitim almış personelin ise oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir. Kütüphanelerdeki çalışma süresi açısından incelendiğinde ise personelin en yoğun olarak 1–5 yıl aralığında görev yaptığı (%40) görülmektedir. Bu grubu 1 yıldan az süredir çalışanlar (%23,33) ve 6–10 yıl arasında görev yapanlar (%18,34) izlemektedir. Daha uzun süredir çalışanların oranı ise görece düşüktür; 11–15 yıl çalışanlar %13,33, 16 yıl ve üzeri çalışanlar ise sadece %5 oranındadır. Bu veriler, personelin büyük bölümünün kütüphanelerde yeni ya da orta düzeyde deneyime sahip olduğunu, uzun yıllar görev yapan çalışanların ise azınlıkta kaldığını göstermektedir. Genel olarak tablo, eğitim düzeyinde ortaöğretim ve ön lisans ağırlığını, kıdem açısından ise kısa ve orta vadeli deneyimin baskın olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2 ve 3 birlikte değerlendirildiğinde, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve merkez ilçe belediyelerine bağlı hizmet veren kütüphanelerde çalışan personelin demografik ve mesleki özelliklerine dair bütüncül bir profil ortaya çıkmaktadır. Cinsiyet dağılımı bakımından kadınlar %61,66 ile çoğunluğu oluştururken, erkek çalışanların oranı %38,34'tür. Bu durum, kütüphane hizmetlerinde kadınların ağırlıklı olarak görev aldığını göstermektedir. Yaş dağılımına bakıldığında ise çalışanların büyük bir kısmı 36–55 yaş aralığında yoğunlaşmaktadır (%58,34), bu da personelin genel olarak orta yaş grubunda yer aldığını ve belirli bir mesleki olgunluğa eriştiğini göstermektedir.

Eğitim düzeyi açısından çalışanların çoğunluğu lise (%28,33), ön lisans (%33,33) ve lisans (%30,00) mezunlarından oluşmaktadır. Yüksek lisans ve doktora mezunları ise toplamda sadece %8,34 gibi küçük bir dilimi oluşturmaktadır.

Bu tablo, kütüphane personelinin genellikle ortaöğretim ve yükseköğretim düzeyinde eğitim almış bireylerden oluştuğunu, ancak akademik yeterliliğin daha sınırlı kaldığını göstermektedir. Kütüphanede çalışma süresi değişkenine bakıldığında ise personelin büyük bölümü ya yeni başlamış (%23,33) ya da 1–5 yıl arasında deneyime sahip kişilerden oluşmaktadır (%40). Buna karşın 11 yıl ve üzeri çalışanlar yalnızca %18,33'lük bir kesimi temsil etmektedir.

Bu dört değişken birlikte değerlendirildiğinde, İzmir'deki belediye kütüphanelerinde çalışan personelin çoğunlukla kadın, orta yaş grubunda, lise veya ön lisans mezunu ve kısa ile orta vadede deneyime sahip bireylerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu durum, hizmetin belirli bir istikrar ve deneyim temeline dayandığını gösterse de, uzun vadeli personel devamlılığı ve yüksek akademik yeterlilik açısından gelişim alanları olduğunu da ortaya koymaktadır. Özellikle genç ve akademik düzeyi yüksek personelin sayısının artırılması, kütüphane hizmetlerinin niteliğini yükseltme potansiyeli taşımaktadır. Söz konusu potansiyel şüphesiz kütüphane hizmetlerinde yapay zekâ araçlarının kullanılması ve bunun bireysel ve kurumsal performansa olumlu yansıması açısından anlamlı bir yerde durmaktadır.

Yapılandırılmış anket sorularından önce katılımcılara son olarak "Daha önce herhangi bir yapay zekâ uygulamasını (ChatGPT, Siri, Google Asistan, vs.) kullandınız mı?" sorusu yöneltilmiştir. 26 kütüphane çalışanı bu soruya 'evet' yanıtı verirken, 30 çalışan ise 'hayır' şeklinde yanıtlamıştır. Bu noktada asıl dikkat çekici olan, kütüphane çalışanlarının %6,66'sının (4 kişi) bu soruyu 'fikrim yok' seçeneği ile yanıtlamış olmasıdır. Böylesi bir durumda, söz konusu katılımcıların yapay zekâya ilişkin farkındalık ve tutumlarını doğru analiz etmek olanaklı değildir. Buna karşın, araştırmanın bu aşamasında anket sorularını 60 katılımcının tamamı yanıtlamış, analizler de bu yanıtlar üzerinden yapılmıştır.

Tablo 4. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – I (Cinsiyet)

Önerme	Görüş	Kadın	Erkek	Toplam
Yapay zekâ teknolojileri kütüphane hizmetlerini geliştirebilir.	Katılıyorum	19	13	32
	Kararsızım	11	7	28
	Katılmıyorum	7	3	10
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ, kütüphanecilerin işini kolaylaştıracaktır.	Katılıyorum	16	13	29
	Kararsızım	15	6	21
	Katılmıyorum	6	4	10
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ teknolojileri kullanıcı memnuniyetini artırır.	Katılıyorum	15	12	27
	Kararsızım	17	5	22
	Katılmıyorum	5	6	11
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları bilgiye erişimi hızlandırır.	Katılıyorum	11	12	23
	Kararsızım	20	6	26
	Katılmıyorum	6	5	11
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâya karşı mesleki olarak kendimi tehdit altında hissediyorum.	Katılıyorum	13	9	22
	Kararsızım	14	7	21
	Katılmıyorum	10	7	17
	Toplam	**37**	**23**	**60**

Tablo 4'te, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve merkez ilçe belediyelerine bağlı kütüphanelerde çalışan personelin yapay zekâ teknolojilerine ilişkin tutumlarını cinsiyete göre dağılımla birlikte ortaya konulmuştur. Genel olarak çalışanların önemli bir kısmı yapay zekâ teknolojilerinin kütüphane hizmetlerini geliştireceği (32 kişi) ve kütüphanecilerin işini kolaylaştıracağı (29 kişi) görüşüne katılmaktadır. Ancak bu olumlu tutuma rağmen, kayda değer bir kararsızlık oranı da dikkat çekmektedir; özellikle "bilgiye erişimi hızlandırır" önermesinde 26 kişi kararsız kalmıştır. Bu durum, personelin yapay zekâ hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığını ya da uygulamaların sonuçlarını öngörmekte zorlandığını göstermektedir. "Yapay zekâya karşı mesleki olarak kendimi tehdit altında hissediyorum" önermesine katılan 22 kişi, bu teknolojilere yönelik belirgin bir tedirginliği de ortaya koymaktadır. Bu kaygı kadın çalışanlar arasında daha belirgin olsa da (13 kadın, 9 erkek), genel anlamda hem cinsiyetler hem de farklı görüş grupları arasında büyük uçurumlar bulunmamaktadır. Kütüphane çalışanlarının yapay zekâya yönelik tutumları verilen önermeler odağında genel olarak olumlu olmakla birlikte, kararsızlık ve mesleki tehdit algısı dikkat çeken unsurlar arasında yer almakta; bu da bilgilendirme, eğitim ve farkındalık artırıcı çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – II (Cinsiyet)

Önerme	Görüş	Kadın	Erkek	Toplam
Kütüphanelerde yapay zekânın kullanılması insan temasını azaltır.	Katılıyorum	14	10	24
	Kararsızım	12	8	20
	Katılmıyorum	11	5	16
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekânın kütüphanelerde kullanımı etik sorunlar doğurabilir.	Katılıyorum	21	13	34
	Kararsızım	11	6	17
	Katılmıyorum	5	4	9
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Belediyelerde yapay zekâya yönelik yeterli farkındalık yoktur.	Katılıyorum	18	12	30
	Kararsızım	10	5	15
	Katılmıyorum	9	6	15
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ sistemlerinin kullanımı için yeterli eğitim almamız gerekir.	Katılıyorum	19	8	27
	Kararsızım	10	8	18
	Katılmıyorum	8	7	15
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ teknolojileri ile çalışmaya açığım.	Katılıyorum	16	14	30
	Kararsızım	11	5	16
	Katılmıyorum	10	4	14
	Toplam	**37**	**23**	**60**

Tablo 5, araştırmaya katılanların yapay zekâya ilişkin olası etkiler, etik kaygılar, eğitim ihtiyacı ve kişisel yaklaşımlarını cinsiyet temelinde incelemektedir. Veriler, çalışanların önemli bir kısmının yapay zekânın kütüphanelerde insan temasını azaltacağına inandığını (24 kişi) ve etik sorunlara yol açabileceğini düşündüğünü (34 kişi) göstermektedir; bu da teknolojinin faydalarının yanında sosyal ve ahlaki boyutlara yönelik farkındalığın da güçlü olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca çalışanların yarısı, belediyelerde yapay zekâya yönelik farkındalığın yetersiz olduğunu (30 kişi) ifade ederken, 27 kişi bu sistemleri kullanabilmek için yeterli eğitime ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir. Bu durum, teknolojik dönüşümün sağlıklı biçimde gerçekleşebilmesi için kurumsal düzeyde eğitim ve bilgilendirme süreçlerine ihtiyaç duyulduğuna işaret etmektedir. Öte yandan, çalışanların yarısı (30 kişi) yapay zekâ teknolojileri ile çalışmaya açık olduğunu ifade ederek gelişime ve yeniliklere karşı istekli bir tutum sergilemektedir. Kadın ve erkek çalışanlar arasında büyük görüş ayrılıkları olmamakla birlikte, bazı önerilerde kadın çalışanların daha fazla etik ve temas kaygısı taşıdığı gözlenmektedir. Genel olarak tablo, kütüphane çalışanlarının yapay zekâyı potansiyel faydalarının farkında olarak temkinli bir iyimserlikle karşıladıklarını, ancak insan odaklı hizmet anlayışının ve etik değerlerin korunmasına da büyük önem verdiklerini göstermektedir.

Tablo 6. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – III (Cinsiyet)

Önerme	Görüş	Kadın	Erkek	Toplam
Yapay zekâ ile ilgili gelişmeleri takip etmeye çalışıyorum.	Katılıyorum	19	15	34
	Kararsızım	10	5	15
	Katılmıyorum	8	3	11
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Belediyemiz yapay zekâ konusunda yatırım yapmalıdır.	Katılıyorum	17	13	30
	Kararsızım	13	8	21
	Katılmıyorum	7	2	9
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları halk kütüphanelerinde de kullanılabilir.	Katılıyorum	18	12	30
	Kararsızım	10	5	15
	Katılmıyorum	9	6	15
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâya güveniyorum.	Katılıyorum	11	8	19
	Kararsızım	11	5	16
	Katılmıyorum	15	10	25
	Toplam	**37**	**23**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları gelecekte mesleğimizin doğasını değiştirecektir	Katılıyorum	12	11	23
	Kararsızım	13	5	18
	Katılmıyorum	12	7	19
	Toplam	**37**	**23**	**60**

Katılımcıların cinsiyete bağlı olarak önermelere verdiği yanıtların geri kalanı Tablo 6'da özetlenmiştir. Öncelikle, katılımcıların büyük bir kısmı (34 kişi) yapay zekâ ile ilgili gelişmeleri takip etmeye çalıştığını belirtmiş ve bu oran, erkeklerde (%65) kadınlara göre biraz daha yüksektir. Bu durum, personelin teknolojiye ilgi duyduğunu ve kişisel farkındalığını artırma çabasında olduğunu göstermektedir. Belediyelerin yapay zekâya yatırım yapması gerektiği görüşü de yine 30 kişi tarafından desteklenmiştir. Ancak bu alanda da yüksek oranda kararsız katılımcı (%35) dikkat çekmektedir; bu durum, teknolojik yatırım ihtiyacının farkında olunsa da nasıl ve ne ölçüde yapılması gerektiği konusunda netlik olmadığını düşündürmektedir.

Yapay zekâ uygulamalarının halk kütüphanelerinde kullanılabileceği görüşüne katılan kişi sayısı da yine 30'dur, ancak hatırı sayılır sayıda kişi (15 kişi) bu görüşe ya karşı çıkmakta ya da kararsız kalmaktadır. Bu da yapay zekânın uygulama alanları konusunda tereddütlerin sürdüğünü gösterir. En dikkat çekici bulgu ise "Yapay zekâya güveniyorum" önermesinde ortaya çıkmaktadır. Bu ifadeye sadece 19 kişi katılırken, 25 kişi (özellikle kadınlarda daha yoğun olmak üzere) güvenmediğini belirtmiştir. Bu sonuç, teknolojik ilgi ve farkındalık düzeyine rağmen, yapay zekâya olan duygusal ya da etik temelli güven eksikliğinin hala yaygın olduğunu göstermektedir. Son olarak, katılımcıların yaklaşık üçte biri (23 kişi) yapay zekânın mesleklerinin doğasını gelecekte değiştireceğini öngörmektedir. Ancak bu konuda da önemli bir kararsızlık ve karşı görüş oranı bulunmaktadır. Genel olarak, kütüphane çalışanlarının yapay zekâyı ilgiyle takip ettikleri, belirli uygulamalara sıcak baktıkları ve belediyelerin bu alana yatırım yapması gerektiğini düşündükleri görülmektedir. Ancak güven sorunu, değişim kaygısı ve karar verme konusundaki belirsizlikler, bu dönüşümün önünde önemli psikolojik ve kurumsal engeller olduğunu da göstermektedir. Eğitim, bilgilendirme ve güven artırıcı uygulamaların bu süreci desteklemesi kritik görünmektedir.

Tablo 7. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – IV (Eğitim Düzeyi)

Önerme	Görüş	Lise	Ön Lisans	Lisans	Y. Lisans	Doktora	Toplam
Yapay zekâ teknolojileri kütüphane hizmetlerini geliştirebilir.	Katılıyorum	8	7	7	2	1	25
	Kararsızım	6	7	6	1	-	20
	Katılmıyorum	3	6	5	1	-	15
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ, kütüphanecilerin işini kolaylaştıracaktır.	Katılıyorum	7	8	6	2	1	24
	Kararsızım	7	7	6	1	-	21
	Katılmıyorum	3	5	6	1	-	15
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ teknolojileri kullanıcı memnuniyetini artırır.	Katılıyorum	6	9	6	2	-	23
	Kararsızım	7	7	7	-	1	22
	Katılmıyorum	4	4	5	2	-	15
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları bilgiye erişimi hızlandırır.	Katılıyorum	8	6	6	3	1	24
	Kararsızım	4	7	8	1	-	20
	Katılmıyorum	5	7	4	-	-	16
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâya karşı mesleki olarak kendimi tehdit altında hissediyorum.	Katılıyorum	6	8	8	2	-	24
	Kararsızım	6	5	5	2	1	19
	Katılmıyorum	5	7	5	-	-	17
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**

Tablo 8, çalışanların yapay zekâ konusundaki görüşlerinin eğitim düzeyine göre anlamlı şekilde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Düşük ve orta eğitim gruplarında (lise ve ön lisans) daha fazla kararsızlık ve tehdit algısı bulunurken, yüksek eğitim düzeyine sahip çalışanlar teknolojiyi daha bilinçli değerlendirmekte ve daha pozitif yaklaşmaktadır. Örneğin, yüksek lisans ve doktora mezunları, her önerme için oldukça olumlu ve bilinçli bir duruş sergiliyor. Sayıca az olsalar da yapay zekâyı hem destekliyor hem de tehdide daha az inandıkları görülüyor. Bu da eğitim seviyesi yükseldikçe teknolojik gelişmelere güvenin ve adaptasyonun arttığını gösteriyor. Söz konusu durum, eğitim düzeyinin sadece bilgi değil, teknolojiye güven ve mesleki esneklik açısından da belirleyici olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kurumların teknolojik dönüşüm süreçlerinde eğitim ve farkındalık artırıcı çalışmaları tüm düzeylerde yaygınlaştırmasının önemini vurgulamaktadır.

Tablo 8. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – V (Eğitim Düzeyi)

Önerme	Görüş	Lise	Ön Lisans	Lisans	Y. Lisans	Doktora	Toplam
Kütüphanelerde yapay zekânın kullanılması insan temasını azaltır.	Katılıyorum	8	9	7	2	1	27
	Kararsızım	7	6	5	1	-	19
	Katılmıyorum	2	5	6	1	-	14
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekânın kütüphanelerde kullanımı etik sorunlar doğurabilir.	Katılıyorum	6	8	6	2	-	22
	Kararsızım	5	7	6	1	1	20
	Katılmıyorum	6	5	6	1	-	18
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Belediyelerde yapay zekâya yönelik yeterli farkındalık yoktur.	Katılıyorum	7	7	6	1	1	22
	Kararsızım	6	7	7	2	-	22
	Katılmıyorum	4	6	5	1	-	16
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ sistemlerinin kullanımı için yeterli eğitim almamız gerekir.	Katılıyorum	8	8	8	1	1	26
	Kararsızım	5	4	5	1	-	15
	Katılmıyorum	4	8	5	2	-	19
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ teknolojileri ile çalışmaya açığım.	Katılıyorum	7	9	9	2	1	28
	Kararsızım	5	6	5	-	-	16
	Katılmıyorum	5	5	4	2	-	16
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**

Çalışanlar, yapay zekânın kütüphanelerde insan temasını azaltabileceğini (%45) ve etik sorunlar doğurabileceğini (%36,6) düşünen bir çoğunluğa sahiptir. özellikle lise ve ön lisans mezunları bu olasılıklara daha fazla katılım göstermiştir.

Aynı şekilde, belediyelerde yapay zekâya yönelik farkındalığın yetersiz olduğunu düşünenlerin oranı da dikkat çekicidir (%36,6), bu da teknolojik gelişmelere dair kurumsal eksiklik algısının yaygın olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ kullanımı için eğitim alınması gerektiği görüşüne ise özellikle lise, ön lisans ve lisans düzeyindeki çalışanlar güçlü şekilde katılmaktadır; bu durum, personelin kendi yeterlilikleri konusunda farkındalığa sahip olduğunu, ancak kurumsal destek ihtiyacını da hissettiğini göstermektedir.

Öte yandan, "yapay zekâ ile çalışmaya açığım" önermesine verilen yanıtlar, çalışanların yarısından fazlasının (%46,6) teknolojiye olumlu ve istekli yaklaştığını ortaya koymaktadır. Eğitim düzeyi yükseldikçe bu olumlu yaklaşım daha bilinçli hale gelirken, kararsızlık ve olumsuz tutumlar daha çok lise ve ön lisans düzeyinde yoğunlaşmaktadır. Tablo 8 genel olarak çalışanların yapay zekâya karşı temkinli bir iyimserlik taşıdığını; insan faktörünün azalması, etik riskler ve eğitim eksikliği gibi konularda kaygıları bulunsa da, teknolojiyle uyumlaşmaya açık olduklarını göstermektedir. Bu durum, belediye ve kütüphane yönetimlerinin, teknolojik geçiş sürecinde çalışanları bilgilendirme, eğitme ve sürece dâhil etme açısından önemli bir sorumluluğu olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 9. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – VI (Eğitim Düzeyi)

Önerme	Görüş	Lise	Ön Lisans	Lisans	Y. Lisans	Doktora	Toplam
Yapay zekâ ile ilgili gelişmeleri takip etmeye çalışıyorum.	Katılıyorum	9	10	9	1	1	30
	Kararsızım	5	5	4	2	-	16
	Katılmıyorum	3	5	5	1	-	14
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Belediyemiz yapay zekâ konusunda yatırım yapmalıdır.	Katılıyorum	10	12	7	2	1	32
	Kararsızım	3	5	6	1	-	15
	Katılmıyorum	4	3	5	1	-	13
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları halk kütüphanelerinde de kullanılabilir.	Katılıyorum	11	12	10	4	1	38
	Kararsızım	3	4	5	-	-	12
	Katılmıyorum	3	4	3	-	-	10
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâya güveniyorum.	Katılıyorum	5	6	5	1	-	17
	Kararsızım	5	6	5	1	-	17
	Katılmıyorum	7	8	8	2	1	26
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları gelecekte mesleğimizin doğasını değiştirecektir	Katılıyorum	8	8	6	1	1	24
	Kararsızım	6	6	6	2	-	20
	Katılmıyorum	3	6	6	1	-	16
	Toplam	**17**	**20**	**18**	**4**	**1**	**60**

Tablo 9, kütüphane çalışanlarının yapay zekâya ilişkin farkındalık, güven, kurumsal yatırım beklentisi ve mesleki öngörülerini eğitim düzeyine göre ortaya koymaktadır. Genel olarak katılımcıların önemli bir kısmı (30 kişi) yapay zekâ ile ilgili gelişmeleri takip ettiğini belirtmiştir. Bu durum özellikle lise, ön lisans ve lisans düzeyindeki çalışanlar arasında yaygındır. Belediyelerin yapay zekâya yatırım yapması gerektiği görüşü ise katılımcılar arasında daha da güçlüdür (32 kişi) ve tüm eğitim düzeylerinde desteklenmektedir. En fazla fikir birliği ise, yapay zekâ uygulamalarının halk kütüphanelerinde de kullanılabileceği yönündedir. Bu görüşe 38 kişi katılmış ve özellikle lise ve ön lisans mezunları bu fikre güçlü şekilde destek vermiştir. Ancak genel olumlu tutumlara rağmen, "Yapay zekâya güveniyorum" önermesine verilen yanıtlar dikkat çekicidir:

Bu ifadeye sadece 17 kişi katılmış, 26 kişi ise güvenmediğini belirtmiştir. Güvensizlik, özellikle lise, ön lisans ve lisans mezunlarında belirgin düzeydedir. Son olarak, yapay zekânın mesleğin doğasını gelecekte değiştireceğini düşünenlerin sayısı da azımsanmayacak düzeydedir (24 kişi), ancak kararsızlar (%33) da oldukça fazladır. Genel olarak tablo, çalışanların yapay zekâya karşı teknolojik farkındalık ve gelişime açıklık taşıdığını, ancak güven sorunu ve mesleki belirsizlik hissinin yaygın olduğunu göstermektedir. Bu da belediyelerin sadece yatırım yapmakla kalmayıp, personelin kaygılarını giderecek bilgilendirme, eğitim ve katılımcı yaklaşımlar geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 10. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – VII (Kütüphanede Çalışma Süresi)

Önerme	Görüş	1 yıldan az	1-5 yıl	6-10 yıl	11-15 yıl	16+ yıl	Toplam
Yapay zekâ teknolojileri kütüphane hizmetlerini geliştirebilir.	Katılıyorum	6	11	5	3	1	26
	Kararsızım	5	5	3	2	1	16
	Katılmıyorum	3	8	3	3	1	18
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ, kütüphanecilerin işini kolaylaştıracaktır.	Katılıyorum	5	13	4	2	2	26
	Kararsızım	5	4	4	2	-	15
	Katılmıyorum	4	7	3	4	1	19
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ teknolojileri kullanıcı memnuniyetini artırır.	Katılıyorum	6	12	6	3	1	28
	Kararsızım	4	6	3	3	2	18
	Katılmıyorum	4	6	2	2	-	14
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları bilgiye erişimi hızlandırır.	Katılıyorum	7	12	6	5	2	32
	Kararsızım	4	6	2	1	1	14
	Katılmıyorum	3	6	3	2	-	14
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâya karşı mesleki olarak kendimi tehdit altında hissediyorum.	Katılıyorum	5	10	5	4	3	27
	Kararsızım	5	6	2	2	-	15
	Katılmıyorum	4	8	4	2	-	18
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**

Çalışanların yapay zekâya yönelik tutumları, sırasıyla üç tabloda kütüphanede çalışma sürelerine göre ayrıntılı olarak resmedilmiştir. Veriler, tüm çalışma kıdemi gruplarında yapay zekânın kütüphane hizmetlerini geliştireceği, kullanıcı memnuniyetini artıracağı ve bilgiye erişimi hızlandıracağı görüşlerine belirli düzeyde katılım olduğunu göstermektedir. Özellikle 1–5 yıl deneyime sahip çalışanlar, neredeyse tüm önermelerde en yüksek "katılıyorum" yanıtlarını vermiştir; bu grup, yapay zekânın kolaylaştırıcı etkisine en açık ve en olumlu yaklaşan kesimdir. Ancak 1 yıldan az deneyimi olan çalışanlar da benzer şekilde teknolojiye olumlu yaklaşmakta, bu da genç ya da yeni personelin yeniliğe daha açık olduğunu düşündürmektedir.

Buna karşılık, 11 yıl ve üzeri deneyime sahip personel arasında hem olumlu görüşler hem de mesleki tehdit algısı daha belirgin hale gelmektedir. Özellikle "yapay zekâya karşı kendimi tehdit altında hissediyorum" önermesine 16 yıl ve üzeri çalışanların tamamı katılmış ve bu, deneyim arttıkça teknolojinin mesleki güvenlik açısından daha çok sorgulandığını göstermektedir. Kararsızlık oranlarının özellikle orta kıdem grubunda yaygın olması, bu personelin teknolojiyle uyumlaşmaya açık olmakla birlikte henüz net bir kanaate varamadığını göstermektedir. Genel olarak tablo, kıdem süresi azaldıkça teknolojik yeniliklere açıklığın arttığını; kıdem süresi arttıkça ise tehdit algısı ve temkinli yaklaşımın öne çıktığını ortaya koymaktadır. Bu durum, yapay zekâya geçiş sürecinde farklı kıdem gruplarına yönelik farklı iletişim, eğitim ve adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Tablo 11. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – VIII (Kütüphanede Çalışma Süresi)

Önerme	Görüş	1 yıldan az	1-5 yıl	6-10 yıl	11-15 yıl	16+ yıl	Toplam
Kütüphanelerde yapay zekânın kullanılması insan temasını azaltır.	Katılıyorum	5	11	5	3	1	25
	Kararsızım	5	6	3	3	1	18
	Katılmıyorum	4	7	3	2	1	17
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekânın kütüphanelerde kullanımı etik sorunlar doğurabilir.	Katılıyorum	6	12	4	2	2	26
	Kararsızım	5	7	4	2	-	18
	Katılmıyorum	3	5	3	4	1	16
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Belediyelerde yapay zekâya yönelik yeterli farkındalık yoktur.	Katılıyorum	4	13	7	4	1	29
	Kararsızım	5	5	2	1	2	15
	Katılmıyorum	5	6	2	3	-	16
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ sistemlerinin kullanımı için yeterli eğitim almamız gerekir.	Katılıyorum	8	13	6	3	3	33
	Kararsızım	3	6	3	2	-	14
	Katılmıyorum	3	5	2	3	-	13
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ teknolojileri ile çalışmaya açığım.	Katılıyorum	8	12	5	4	1	30
	Kararsızım	4	6	4	4	1	19
	Katılmıyorum	2	6	2	-	1	11
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**

Tablo 11'e bakıldığında, tüm kıdem gruplarında yapay zekâya karşı dikkatli ve sorgulayıcı bir yaklaşım olduğu görülmektedir. 1–5 yıl arası deneyime sahip çalışanlar, yapay zekânın insan temasını azaltabileceği (11 kişi), etik sorunlar doğurabileceği (12 kişi) ve belediyelerde bu konuda farkındalık eksikliği olduğu (13 kişi) yönünde en yüksek katılımı göstermiştir; bu da onların teknolojiyi tanımakla birlikte, potansiyel risklere karşı daha duyarlı olduklarını gösterir.

1 yıldan az deneyimi olanlar ise en çok "eğitim almamız gerekir" (8 kişi) ve "çalışmaya açığım" (8 kişi) diyen grup olarak öne çıkmakta; bu da onların teknolojiye daha açık ama aynı zamanda destek ve yönlendirme ihtiyacı duyduklarını ortaya koymaktadır. Deneyimi 11 yıl ve üzeri olan çalışanlar, genel olarak daha temkinli ve kararsızdır, ancak eğitim ihtiyacına ve etik kaygılara belirli bir düzeyde destek verirken, "çalışmaya açığım" yanıtında olumlu tutum göstermektedirler. Özellikle dikkat çeken bir diğer bulgu ise, yapay zekâ ile çalışmaya açık olduğunu belirtenlerin en fazla 1–5 yıl arası kıdeme sahip olanlardan çıkmasıdır (12 kişi). Genel olarak tablo, çalışanların deneyim süresine bağlı olarak teknolojiye karşı farklı düzeylerde açıklık, kaygı ve eğitim ihtiyacı hissettiklerini; ancak kıdem fark etmeksizin yapay zekâ ile ilgili bilinçli bir değerlendirme süreci içinde olduklarını göstermektedir. Bu durum, belediyelerin farklı deneyim düzeyindeki personele yönelik özel eğitim ve destek programları geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 12. Katılımcıların yapay zekâya yönelik önermelere ilişkin yanıtları – IX (Kütüphanede Çalışma Süresi)

Önerme	Görüş	1 yıldan az	1-5 yıl	6-10 yıl	11-15 yıl	16+ yıl	Toplam
Yapay zekâ ile ilgili gelişmeleri takip etmeye çalışıyorum.	Katılıyorum	5	12	3	4	1	25
	Kararsızım	4	5	3	2	1	15
	Katılmıyorum	5	7	5	2	1	20
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Belediyemiz yapay zekâ konusunda yatırım yapmalıdır.	Katılıyorum	3	11	4	3	2	23
	Kararsızım	5	7	5	2	-	19
	Katılmıyorum	6	6	2	3	1	18
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları halk kütüphanelerinde de kullanılabilir.	Katılıyorum	4	15	4	3	1	27
	Kararsızım	4	3	2	3	2	14
	Katılmıyorum	6	6	5	2	-	19
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâya güveniyorum.	Katılıyorum	2	3	3	1	-	9
	Kararsızım	2	4	3	2	-	11
	Katılmıyorum	10	17	5	5	3	40
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**
Yapay zekâ uygulamaları gelecekte mesleğimizin doğasını değiştirecektir	Katılıyorum	5	13	4	2	1	25
	Kararsızım	5	3	4	2	1	15
	Katılmıyorum	4	8	3	4	1	20
	Toplam	**14**	**24**	**11**	**8**	**3**	**60**

Kütüphanede görev yapma süresine bağlı genel eğilimler incelendiğinde, 1–5 yıl arası mesleki deneyime sahip çalışanların yapay zekâya en ilgili ve en açık grup olduğu görülmektedir. Bu grup, "yapay zekâ ile ilgili gelişmeleri takip ediyorum" (12 kişi), "yatırım yapılmalı" (11 kişi) ve "halk kütüphanelerinde kullanılabilir" (15 kişi) gibi önermelere en yüksek düzeyde katılım göstermiştir. Bu da onların teknolojiye daha fazla ilgi duyduğunu ve belediyelerin bu alana yönelmesi gerektiğini düşündüklerini ortaya koymaktadır.

Buna karşın, "yapay zekâya güveniyorum" önermesinde tüm kıdem gruplarında belirgin bir güvensizlik öne çıkmaktadır. Özellikle 1–5 yıl arası çalışanlar arasında 17 kişi bu görüşe katılmamaktadır; bu, teknolojiye ilgi duyanların bile güven konusunda ciddi tereddüt yaşadığını göstermektedir. Aynı zamanda 1 yıldan az deneyimi olan çalışanların da 10'u yapay zekâya güvenmediğini belirtmiştir, bu durum yeni başlayan personelin de çekince taşıdığını yansıtır. Öte yandan, "yapay zekâ uygulamaları mesleğin doğasını değiştirecektir" görüşü, tüm deneyim gruplarında dikkate değer bir şekilde kabul görmüştür (25 kişi); en fazla destek yine 1–5 yıl arası çalışanlardan (13 kişi) gelmiştir. Bu da çalışanların mesleki geleceklerine dair farkındalık taşıdığını ve teknolojinin etkilerini ciddiye aldıklarını göstermektedir.

Tablo 12, çalışanların yapay zekâ konusuna yüksek düzeyde ilgi duyduğunu, kurumsal yatırım ihtiyacının farkında olduklarını ve bu teknolojilerin mesleklerine yön vereceğini düşündüklerini ortaya koymaktadır. Ancak bu olumlu ilgiyi sınırlayan en temel unsurun güven eksikliği olduğu net bir şekilde görülmektedir. Belediyelerin bu güvensizliği azaltmak için şeffaflık, bilgilendirme ve kapsayıcı teknoloji politikaları geliştirmesi, çalışanların sürece katılımını ve adaptasyonunu kolaylaştıracaktır.

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışma, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyelerine bağlı kütüphanelerde görev yapan personelin yapay zekâ teknolojilerine yönelik tutumlarını incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, belediye kütüphanelerinde görev yapan personelin demografik özelliklerinin yanı sıra, yapay zekâya dair farkındalık, güven, kullanım istekliliği ve kaygı düzeyleri hakkında önemli bulgular sunmaktadır.

Araştırmaya katılanların çoğunluğunu kadınlar oluşturmakta olup, yaş dağılımı genellikle orta yaş grubunda yoğunlaşmaktadır. Katılımcıların büyük kısmı ön lisans ve lisans düzeyinde eğitim almış; yüksek lisans ve doktora düzeyindeki katılımcı oranı ise oldukça düşüktür. Bu durum, belediye kütüphanelerinde görev yapan personelin genel olarak ortaöğretim sonrası eğitim düzeyinde konumlandığını ve ileri düzey akademik birikimin sınırlı olduğunu göstermektedir. Katılımcıların önemli bir bölümü 1–5 yıl aralığında çalışma süresine sahiptir. Bu bulgu, belediyelerde kütüphane personelinde istikrarın sınırlı olabileceğine işaret etmektedir.

Yapay zekâya yönelik tutumlara bakıldığında, genel olarak olumlu bir eğilim olduğu görülmektedir. Katılımcılar, yapay zekânın kütüphane hizmetlerini geliştireceği, iş süreçlerini kolaylaştıracağı ve bilgiye erişimi hızlandıracağı görüşüne büyük ölçüde katılmışlardır. Ancak, bu olumlu tutumlara rağmen kayda değer düzeyde kararsızlık ve endişe de söz konusudur. Özellikle yapay zekânın insan temasını azaltacağı ve etik sorunlara neden olabileceği yönündeki görüşler dikkat çekicidir. Ayrıca katılımcıların bir kısmı yapay zekâyı mesleki açıdan bir tehdit olarak algılamaktadır. Bu tehdit algısı, özellikle kadın katılımcılar ve daha düşük eğitim düzeyine sahip gruplarda daha belirgin biçimde ortaya çıkmaktadır.

Belediye çalışanlarının yapay zekâya güven düzeyi sınırlıdır. "Yapay zekâya güveniyorum" önermesine katılım oranı düşük kalmış; bu durum, yapay zekâ uygulamalarına yönelik çekingenliği ve bilgi eksikliğini yansıtmaktadır. Bununla birlikte, çalışanların çoğunluğu yapay zekâ gelişmelerini takip ettiğini belirtmiş ve belediyelerin bu alana yatırım yapması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca, yapay zekânın halk kütüphanelerinde de kullanılabileceğine inanan katılımcıların oranı yüksektir.

Eğitim düzeyi ve yapay zekâya yönelik tutumlar arasında anlamlı ilişkiler gözlemlenmiştir. Eğitim düzeyi arttıkça yapay zekâya yönelik olumlu tutumlar da artmakta; kararsızlık ve tehdit algısı ise azalmaktadır.

Özellikle yüksek lisans ve doktora düzeyinde eğitim almış bireyler, yapay zekânın mesleki katkılarını daha yüksek oranda benimsemektedir. Benzer şekilde, daha kısa süredir kütüphane hizmetinde görev yapan çalışanların teknolojiye daha açık olduğu, uzun süreli çalışanlarda ise direnç ve çekince oranlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Çalışma sonucunda belediye kütüphanelerinde görev yapan personelin yapay zekâya yönelik genel olarak olumlu bir tutum sergilediği, ancak bu tutumun yüksek bir farkındalık ve güven düzeyi ile desteklenmediği görülmüştür. Güven eksikliği, etik kaygılar, mesleki tehdit algısı ve bilgi yetersizliği gibi unsurlar, teknolojinin etkin kullanımını sınırlayan önemli etkenler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum, belediyelerin yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyon sürecinde personelin bilinçlendirilmesine ve eğitilmesine yönelik sistematik stratejiler geliştirmesi gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojilerinin kütüphane hizmetlerinde etkin ve etik bir biçimde kullanılabilmesi için sadece teknik altyapının değil, aynı zamanda insan kaynağının da bu dönüşüme hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Belediyelerin, kütüphane personeline yönelik eğitim programları, mesleki gelişim fırsatları ve farkındalık artırıcı faaliyetlerle bu süreci desteklemesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, hem teknolojik entegrasyonun başarısını artıracak hem de çalışanların motivasyon ve mesleki güvenlik algısını güçlendirecektir.

Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, belediye kütüphanelerinde yapay zekâ teknolojilerinin etkin, verimli ve etik biçimde kullanımını desteklemek amacıyla aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- Yapay zekâ farkındalık eğitimleri düzenlenmelidir: Kütüphane personelinin yapay zekâ teknolojilerine yönelik bilgi düzeyi ve farkındalığı artırılmalıdır. Temel yapay zekâ kavramları, kullanım alanları, etik ilkeler ve mesleki katkılar gibi konularda düzenli olarak eğitimler verilmeli; bu eğitimler teorik bilgilerin yanı sıra pratik uygulamaları da içermelidir.
- Güven ve etik konularına odaklanan çalıştaylar yapılmalıdır: Yapay zekânın neden olduğu etik kaygılar ve mesleki tehdit algıları göz önüne alındığında, bu konulara özel odaklanan atölye çalışmaları, seminerler ve uzman davetli konuşmaları organize edilmelidir. Bu sayede personelin endişeleri giderilebilir, yapay zekâya karşı güven duygusu artırılabilir.
- Pilot uygulamalarla deneyim fırsatları sunulmalıdır: Belediyeler, belirli kütüphanelerde küçük ölçekli yapay zekâ uygulamalarını hayata geçirerek personelin bu teknolojilerle doğrudan deneyim kazanmasını sağlamalıdır. Bu uygulamalar, personelin geri bildirimleriyle şekillendirilmeli ve yaygınlaştırmadan önce değerlendirilmelidir.
- Eğitim düzeyi düşük olan personel için hedeflenmiş programlar geliştirilmelidir: Eğitim düzeyi ile yapay zekâya yönelik olumlu tutum arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. Bu nedenle, özellikle ön lisans düzeyindeki personelin bilgi eksikliğini giderecek, sadeleştirilmiş ve görsel ağırlıklı öğretim materyalleriyle desteklenmiş özel programlar hazırlanmalıdır.
- Yapay zekâ destekli kütüphane hizmetlerine yönelik stratejik planlar hazırlanmalıdır: Belediyeler, yapay zekâ uyumunu rastlantısal adımlar yerine planlı, kademeli ve stratejik biçimde gerçekleştirmelidir. Bu planlar kapsamında görev, yetki ve sorumluluklar tanımlanmalı; personelin katılımı ve onayı süreç boyunca sağlanmalıdır.
- Kadın çalışanlara yönelik güçlendirme politikaları geliştirilmelidir: Araştırmada kadın çalışanlar arasında mesleki tehdit algısının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kadın çalışanların teknolojiyle barışık biçimde çalışma yaşamlarına devam edebilmeleri için destekleyici mentorluk sistemleri, rol modeller ve cinsiyet duyarlı yaklaşımlar benimsenmelidir.

- Yapay zekâ ile insan etkileşimini dengeleyen modeller geliştirilmelidir: Yapay zekâ uygulamalarının insan temasını tamamen ortadan kaldırmadan, kullanıcılarla etkileşimi sürdüren hibrit modeller üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Kütüphane hizmetlerinin insani yönü göz ardı edilmeden teknolojik yenilikler kurgulanmalıdır.
- Belediyelerarası iş birlikleri ve bilgi paylaşımları teşvik edilmelidir: İzmir Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyeleri, yapay zekâ uygulamalarında ortak projeler yürüterek kaynakların verimli kullanımını sağlayabilir. Ayrıca, başarılı uygulamaların diğer belediyelere model oluşturması için platformlar kurulmalıdır.
- Ulusal ve uluslararası fon kaynaklarına başvurular artırılmalıdır: Yapay zekâ tabanlı kütüphane projeleri için TÜBİTAK, Avrupa Birliği ve UNESCO gibi kurumların fonlarına başvuru yapılması teşvik edilmeli; bu projelerde görev alacak personelin proje geliştirme kapasitesi artırılmalıdır.
- Yapısal değişim sürecine kullanıcıların katılımı sağlanmalıdır: Kütüphane kullanıcılarının da yapay zekâ tabanlı sistemlere nasıl yaklaştıkları araştırılmalı ve geri bildirimleri dikkate alınarak hizmetler şekillendirilmelidir. Katılımcı bir dönüşüm yaklaşımı, hem kullanıcı hem de çalışan memnuniyetini artıracaktır.

Saha çalışmasının yöneldiği odak açısından ulusal alan yazını için bir ilk olma özelliği taşıyan çalışma, başta belediye kütüphaneleri olmak üzere, tüm kütüphane türlerine ilham olduğu ölçüde amacına ulaşmış olacaktır. Özellikle son yıllarda ulusal çapta yerel yönetimler eli ile verilen kütüphane hizmetleri ağının düzenli olarak genişlediği dikkate alındığında, söz konusu amacın gerçekleştirilmiş olması, ulusal kütüphane evreni açısından daha da anlamlı bir noktada durmaktadır.

Kaynakça

Akkaya, M. A. (2024). Belediye halk kütüphanelerinde çocuklara yönelik hizmetlerin kullanıcılarda yarattığı algı ve seçmen tercihlerine etkisi: İzmir örneği. *Türk Kütüphaneciliği*, *38*(2), 77-98. Doi: 10.24146/tk.1355440

Alaca, E. ve Topal, D. (2023). Belediye kütüphanelerinin dünü, bugünü ve yarını: Ankara Altındağ Belediyesi kütüphaneleri üzerine bir araştırma. Bilgi Yönetimi, *6*(2), 246-279.

Aziz, A. (2022). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri ve teknikleri*. (14. bs.). Nobel Akademik.

Belediye Kanunu (2005). Sayı 5393, Kabul tarihi 3.7.2005. T.C. Resmi Gazete (25874, 13 Temmuz 2005). 12 Ağustos 2025 tarihinde https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5393.pdf adresinden erişildi.

Büyükşehir Belediyesi Kanunu (2004). Sayı 5216, Kabul tarihi 10.7.2004. T. C. Resmi Gazete (25531, 23 Temmuz 2004). 12 Ağustos 2025 tarihinde https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5216.pdf adresinden erişildi.

Cohen, L., Manion, L. ve Morrison, K. (2000). *Research methods in education*. Routledge.

Güncel Türkçe Sözlük (2020). *Kent* maddesi. 17 Ağustos 2025 tarihinde https://sozluk.gov.tr/ adresinden erişildi.

Hajek, P. ve Stejskal, J. (2017). Library usage mining in the context of alternative costs: The case of the Municipal Library of Prague. *Library Hi Tech*, *35*(4), 558-576.

Karasar, N. (2023). *Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar ilkeler teknikler*. (38. bs.). Nobel Akademik.

Kavak, A. (2024). Türkiye'de halk kütüphanesi çalışanlarının yapay zekâya yönelik genel tutumları. *Türk Kütüphaneciliği*, *38*(4), 225-261. Doi: 10.24146/tk.1486759

Kaya, E. (2017). *Kentleşme ve kentlileşme*. İşaret.

Kaya, E., Şentürk, H., Danış, O. ve Şimşek, S. (2008). *Modern kent yönetimi – I*. Okutan.

Mumford, L. (2007). *Tarih boyunca kent: Kökenleri, geçirdiği dönüşümler ve geleceği*. G. Koca ve T. Tosun (Çev.). Ayrıntı.

Oyelude, A. A. (2021). AI and libraries: trends and projections. *Library Hi Tech News*, 38(10), 1-4. doi:10.1108/LHTN-10-2021-0079

Polat, C. ve Akkaya, M. A. (2016). Belediyelerin kütüphane ve bilgi hizmetlerinde yenilikçi yaklaşımlar: Buca Belediyesi örneği. *Belediyelerin Kütüphane ve Arşiv Hizmetleri Uluslararası Sempozyumu, 12-14 Mayıs 2016* içinde (ss. 313-337). B. Yılmaz, T. Çakmak ve Ş. Eroğlu (Yay. Haz.). Nilüfer Belediyesi.

Sekaran, U. ve Bougie, R. (2016) *Research methods for business: A skill-building approach*. (7. bs). Wiley & Sons.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (12. bs.). Seçkin.

Yılmaz, B. (2016). Türkiye'de belediyelerin kütüphane ve arşiv hizmetleri: Kültür bağlamında bir perspektif denemesi. *Belediyelerin Kütüphane ve Arşiv Hizmetleri Uluslararası Sempozyumu, 12-14 Mayıs 2016* içinde (ss. 35-46). B. Yılmaz, T. Çakmak ve Ş. Eroğlu (Yay. Haz.). Nilüfer Belediyesi.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

NUMERICAL MODELING AND PERFORMANCE OPTIMIZATION OF STABLE LEAD-FREE PEROVSKITE SOLAR CELLS

Fatima Zahra ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Khalid. SAID
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Jihane ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Mohamed ADADI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Hassane MOUSTABCHIR
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Souad ELKHATTABI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

ABSTRACT
Lead-free perovskite solar cells are emerging as promising alternatives to conventional lead-based counterparts, combining high efficiency with improved environmental compatibility. However, their widespread application is still hindered by challenges in stability and performance optimization. In this work, we present a comprehensive numerical modeling study focused on the design and optimization of stable lead-free perovskite solar cells. Using SCAPS-1D, we systematically investigate the influence of structural parameters, such as absorber thickness, defect density, interface quality, and transport layers, on device efficiency and long-term stability. Special attention is given to the role of strain engineering and defect passivation strategies in enhancing both charge transport and operational durability. Our simulation results highlight optimal device configurations that achieve high open-circuit voltage, current density, and fill factor while maintaining stability under varying environmental conditions. The findings provide valuable guidelines for the development of high-performance, eco-friendly perovskite solar cells and demonstrate the potential of lead-free materials to achieve efficiencies comparable to or surpassing traditional lead-based devices.
Keywords: Lead-free perovskites, Numerical modeling, Solar cell optimization, Stability analysis

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PRESSURE-INDUCED BANDGAP ENGINEERING OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITE: A DFT INSIGHT

Jihane ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Fatima Zahra ZNAKI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Khalid. SAID
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Mohamed ADADI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Hassane MOUSTABCHIR
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

Souad ELKHATTABI
Laboratory of Engineering, Systems and Applications, National School of Applied Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdallah University

ABSTRACT
Density Functional Theory (DFT) has emerged as a powerful and widely adopted computational method to investigate the structural, electronic, and optical properties of materials at the atomic scale. Coupling DFT with applied hydrostatic pressure is a reliable tool to explore pressure-induced phase transitions, tune bandgap characteristics, and enhance the stability of complex materials such as metal halide perovskites. Applying hydrostatic pressure allows researchers to mimic extreme environments and reveal hidden phases or electronic behaviors that are otherwise inaccessible under ambient conditions, thus offering promising pathways for optimizing materials in optoelectronic and photovoltaic applications. Our studied hybrid perovskite exhibits excellent light absorption, low exciton binding energy, and long carrier diffusion lengths. However, the intrinsic instability of its photoactive black phase under ambient conditions poses significant challenges. DFT-based investigations have provided critical insights into the pressure-dependent phase behavior, revealing that moderate hydrostatic pressure can suppress the phase transition to the yellow non-perovskite phase and stabilize the black α-phase. Moreover, DFT simulations have demonstrated tunability of its bandgap with increasing pressure, suggesting new strategies for engineering its optoelectronic properties. These findings underscore the importance of pressure-assisted DFT studies in guiding the design of more stable and efficient perovskite-based solar cells.
Keywords: Perovskite materials, Density Functional Theory (DFT), Photovoltaics (PV), Hydrostatic-pressure.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

GEOMETRIC APPROACH TO THE GRADIENT FOR ANN TRAINING

Benabdellah Yagoubi
Laboratory of Signals and systems, Department of Electrical Engineering, University of Mostaganem

ABSTRACT

In modeling and for a fixed model structure, the aim is to minimize the modeling error with respect to the weights (coefficients or parameters) by applying the gradient to the square modeling error to obtain $\nabla(\mathbf{e}_m^2)=0$, leading to $\boldsymbol{e_m.x_i=0}$ in the case of a linear model, where $\mathbf{x}_i$ are the inputs. In algebraic terms, this product means that either $\mathbf{e}_m$ or $\mathbf{x}_i$, or both of them must be equal to zero. Since $\mathbf{x}_i$ cannot be always equal to zero, then $\mathbf{e}_m$ must be equal to zero. But the derivative $\nabla(\mathbf{e}_m^2)=0$, says only that $\mathbf{e}_m^2$ is minimum and not necessarily that $\mathbf{e}_m$ is equal to zero. To overcome this inconvenience, we propose, in this work, a geometric approach based on the orthogonality principle as an alternative to the gradient for training a model such as an artificial neural network. The orthogonality principle states, in the case of a linear modeling, that to obtain the exact linear component $\mathbf{y}_l$, the modeling error $\mathbf{e}_m$ must be orthogonal to this component. So, since the linear component is in the hyper plane of the p inputs $\mathbf{x}_i$, then $\mathbf{e}_m$ is also orthogonal to $\mathbf{x}_i$. In the non-linear modeling, the nonlinear component could be seen as a variable surface not as a hyper-plane as in the case of a linear modeling. Therefore, to obtain the nonlinear model that best represents the real one, the nonlinear modeling error should be locally orthogonal to the nonlinear component, as shown in the figure below. This means that for each input data, we have to make the nonlinear modeling error $\mathbf{e}_m=(\mathbf{y}-\mathbf{y}_{nl})$ locally orthogonal to the curve (or surface) representing the nonlinear component $\mathbf{y}_{nl}$

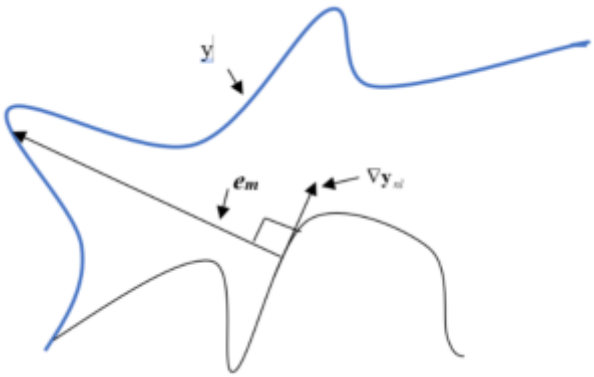


Fig.1. Real model in bleu and neural model in black

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF DELTAMETHRIN ON BIOCHEMICAL AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN MALE RATS

Lamia Berkane
Department of Molecular and cellular biology, faculty of biology, university of El Oued
ORCID: 0009-0001-9986-6685

Ghania Ahmed
Department of Molecular and cellular biology, faculty of biology,university of El Oued

Mohammed Sadok
Derki Faculty of Medicine, Heinrich-Heine universityDüsseldorf, Germany

Chikha Maria
Department of Molecular and cellular biology, faculty of biology,university of El Oued

Manel Azzi
Department of Molecular and Cellular Biology, Faculty of Biology,University of El Oued
ORCID: 0009-0001-9986-6685

Dalal Doudi
Department of Molecular and cellular biology, faculty of biology, university of ElOued

Abstract
Deltamethrin is a synthetic pyrethroid widely used as an insecticide, and it has been reported to exert toxic effects on several mammalian and non-mammalian systems. In this study, rats were divided into two groups: a control group (n=3) that received no treatment, and a deltamethrin-treated group (n=6). Hematological and biochemical parameters were assessed to evaluate potential toxicological impacts. Results revealed a highly significant increase in white blood cells (WBC) ($p=0.001$) and a significant change in red cell distribution width–standard deviation (RDW-SD) ($p=0.026$) in the treated group compared with controls. However, no significant alterations were observed in hemoglobin (Hb), red blood cells (RBCs), hematocrit (Hct), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), red cell distribution width–coefficient of variation (RDW-CV), platelets (Plt), mean platelet volume (MPV), platelet distribution width (PDW), or plateletcrit (PCT). Regarding biochemical indices, deltamethrin exposure caused a highly significant elevation in Gamma-Glutamyl Transferase (GGT) ($p=0.001$) and Aspartate Aminotransferase (AST) ($p=0.003$), as well as significant increases in urea ($p=0.024$) and uric acid (UA) ($p=0.037$). Conversely, no significant differences were detected in total bilirubin, direct bilirubin, indirect bilirubin, alkaline phosphatase (ALP), alanine aminotransferase (ALT), or creatinine (CREA) ($p>0.05$). Collectively, these findings suggest that deltamethrin induces selective hematological and biochemical alterations, highlighting its potential toxicological risks.
Keywords: Deltamethrin, hematology, biochemistry, toxicity, oxidative biomarkers

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

EXPLORING THE RELATIONSHIP OF BMI AND WAIST CIRCUMFERENCE AS INDICATORS OF CHILDHOOD OBESITY IN TIRANA

Juel Jarani
Sports University of Tirana, Faculty of Movement Sciences *Tirana*

Andi Spahi
Sports University of Tirana, Faculty of Movement Sciences *Tirana*

Abstract

Background

Childhood obesity is a growing public health concern worldwide, with body mass index (BMI) and waist circumference (WC) serving as two primary indicators of adiposity. While BMI reflects overall body composition, WC is considered a strong predictor of central obesity and metabolic risk.

Objective

This study aimed to analyze the relationship between BMI and WC among elementary school children in Tirana, Albania, and to explore grade-level differences.

Methods

A cross-sectional assessment was conducted on 398 children across grades 1–5. Anthropometric measures included BMI (kg/m²) and WC (cm). Descriptive statistics and Pearson correlation analyses were applied to examine associations between BMI and WC across different grades.

Results

The overall mean BMI was 18.14 (SD = 3.22), while the mean WC was 65.37 cm (SD = 9.63). A strong positive correlation was observed between BMI and WC ($r = 0.785$, $p < .001$). Grade-specific analyses confirmed significant correlations across all groups, ranging from $r = 0.696$ in grade 4 to $r = 0.874$ in grade 2 (all $p < .001$). Furthermore, both BMI and WC showed a progressive increase from grade 1 (BMI = 17.23; WC = 61.60 cm) to grade 5 (BMI = 19.52; WC = 69.89 cm).

Conclusion

The findings demonstrate a consistent and significant association between BMI and WC in Albanian schoolchildren, highlighting the importance of monitoring both indicators for early detection of obesity risk. The upward trend of BMI and WC across grades underscores the need for preventive interventions in school settings to address early-life obesity and related health risks.

Keywords: childhood obesity, body mass index, waist circumference, anthropometry, Albania

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY AND CHARACTERIZATION OF THE BIOACTIVE SECONDARY METABOLITES PRODUCED BY *Bacillus velezensis* SB4R5 AGAINST *Escherichia coli* AND *Staphylococcus aureus*

Thanh-Dung Nguyen
Can Tho University, Can Tho
ORCID: 0009-0003-2417-0012

Mai-Anh Nguyen
Chau Thanh high school, An Giang province

Mai-Lan Phan
Chau Thanh high school, An Giang province

ABSTRACT
Endophytic bacteria, which are linked or associated with medicinal plants, employ unique strategies that enhance the growth and survival of their host plants, often through the mediation of distinctive secondary metabolites. These bacteria and their secondary metabolites constitute crucial subjects for fundamental and applied research focused on sustainable agriculture. In this study, an endogenous bacterial strain originating from a medicinal plant (*Adenosma bracteosum* Bonati) stored at the Institute of Biotechnology and Food, Can Tho University, was assessed for its *in vitro* antibacterial activities against common pathogenic bacteria, including *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus.*
The SB4R5 strain exhibited high resistance to two pathogenic bacterial strains. It demonstrated simultaneous production of siderophores and four types of lytic enzymes (such as protease, cellulase, amylase, and chitinase), which are potentially important mediators of antagonistic activity against pathogens. Based on 16S rDNA sequences, the SB4R5 strain showed the closest genetic relationship to *Bacillus velezensis* (Named *Bacillus velezensis* SB4R5). Gas chromatography/mass-spectrometry (GC-MS) analysis of cell-free extracts of the SB4R5 strain showed that at least 4 compounds were produced, including putative compounds known to have antimicrobial activity. Our discoveries offer fresh insights into the antibacterial capabilities of natural endophytes. These findings suggest that this particular species could be a promising candidate as an antibacterial agent, potentially providing resistance against other pathogens.
Keywords: Antibacterial activities, *Bacillus velezensis*, endophytic bacteria, GC-MS.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS AND GASTROPROTECTIVE POTENTIAL OF *PUNICA GRANATUM* L. LEAF EXTRACTS: *IN VITRO* STUDY.

Mohammed Cheurfa
Department of Biology, Faculty of Nature, Life and Earth Sciences, University of Djillali Bounaama-Khemis Miliana

Abdallah Noui
National School of Nanoscience and Nanotechnology
Laboratory of Management and Valorization of Agricultural and Aquatic Ecosystems, University Center of Tipaza

N.I Kessairi
Department of Biology, Faculty of Nature, Life and Earth Sciences, University of Djillali Bounaama-Khemis Miliana

B. Takherisste
Department of Biology, Faculty of Nature, Life and Earth Sciences, University of Djillali Bounaama-Khemis Miliana

A. Meklati
Department of Biology, Faculty of Nature, Life and Earth Sciences, University of Djillali Bounaama-Khemis Miliana

Abstract
Grenadier is regarded as an aromatic and medicinal plant, a reservoir of natural compounds with beneficial effects. It has been determined that certain compounds present in leaf extracts, including phenolic compounds, exhibit notable biological activities. Moreover, pomegranate (*Punica granatum* L.) leaves have been demonstrated to possess salutary properties for human health, attributable to their elevated concentration of phenolic compounds, particularly quercitrin.
In this study, the objective is to examine the impact of *Punica granatum* leaf extracts on gastric acidity. This investigation utilizes three distinct methodologies and involves the assessment of the chemical analysis of these extracts.
A series of qualitative phytochemical tests were carried out on aqueous and hydroalcoholic extracts of pomegranate leaves. The results of these tests revealed the presence of a variety of phytochemicals, including tannins, saponins, coumarins, and flavonoids, in the extracts.
The most elevated yield was documented in the aqueous extract of pomegranate leaves, exhibiting a substantial rate of 21.8%. The investigation revealed that the crude extracts of pomegranate leaves exhibited a substantial capacity to neutralize gastric acidity. The hydroalcoholic extract demonstrated the most notable neutralizing potential, with concentrations of 10 and 50 mg/ml exhibiting concentrations of 0.19 ± 0.1 and 0.24 ± 0.1 mmol H+ respectively.
The findings of this study suggest that pomegranate leaf extracts have the potential to serve as a natural substitute for conventional antacid medications. This antacid efficacy may be attributable to the presence of bioactive compounds, such as flavonoids, within the extracts.
Keywords: *Punica granatum*, gastro-protective activity, flavonoids, phenolic compounds.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

THE STUDY OF FUNGAL SPECIES CHARACTERIZING FIG TREES

Ballaoui Mouad
Plant, Animal and Agro-industry Production Laboratory, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University

Abstract
The diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the rhizosphere of Fig trees in the community of Tizguite, Ifrane region (Morocco) is presented in this study. Soil analysis revealed the presence of a diversity of endomycorrhizal fungi. The density of spores at the sites studied varies between *61 and 100 spores /100 g of soil***.** These spores, 18 morphotypes, are those of *7 genera*. The species of **Glomus deserticola** and **G. macrocarpum** are common in all the study sites. This richness of endomycorrhizal fungi could be exploited in nurseries for the production of mycorrhizal fig seedlings.
Keywords: Morocco; Fig tree; Rhizosphere; Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF); Diversity.

EFES INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-III
September 13-15, 2025 / Izmir, Türkiye
E-MAIL: akademikkongre@gmail.com
WEB: https://www.ubakkongre.com/efes

ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF ETHANOLIC EXTRACT OF *SCHEFFLERA ARBORICOLA* SEEDS

Thenmozhi . M
Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Vels Institute of Science, Technology and Advanced Studies (VISTAS)
ORCID: 0000-0002-7957-6648

ABSTRACT
Schefflera arboricola is one of the Balinese herbal plants traditionally used to ward off negetaive influences within the human body. Although scientific studies of *S. arboricola* are limited, they are considered to hold potential medicinal value similar to other members of the *schefflera* genus. Seeds are rich in phytochemicals that may possess antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory properties, which could support their traditional use in herbal remedies. In Balinese and other Southeast Asian practices, parts of *schefflera* species, including seeds are symbolically used to ward off negative influences, reflecting a cultural recognition of their protective and healing roles. Further pharmacological investigations are needed to validate and characterize the bioactive compounds in *S. arboricola* seeds and to explore their possible applications in modern medicine. The ethanolic extract of *S. arboricola* seeds exhibited significant antibacterial activity against both Gram-positive and Gram-negative bacteria, with inhibition zones increasing in a concentration dependent manner. The highest activity was observed at 300 µg /ml, although Ciprofloxacin remained more potent across all tested strains. The results revealed that the ethanolic extract of *S. arboricola* seeds showed maximum zone of inhibition against all tested pathogens. Clinically insignificant results were obtained in case of fungal strains.
Keywords: *Schefflera arboricola*, ethanolic extract, anti-bacterial, zone of inhibition.

INTRODUCTION:
Medicinal plants from the primary components of most traditional remedies, and the many modern pharmaceutical formulations also include ingredients derived from plants. In recent years, there has been growing interest in identifying naturally occurring antioxidant that can be used in foods and medicine as alternatives to synthetic ones. Natural antioxidants not only enhance food quality and stability but also serve as nutraceuticals, helping to stop free radical chain reactions in biological systems and thereby offering additional health benefits to consumers. This has led to an increasing focus on phytochemicals as a potential source of natural antioxidants for use in both the food and pharmaceutical industries, especially since synthetic drugs are limited in application due to their possible health risks and toxic effect (Deepa and Nalini, 2013).
Before the advent of synthetic medicines, humans primarily relied on plants with significant medicinal properties for disease prevention and treatment. Historical evidence suggests that plants have been used for medicinal purposes for nearly 60,000 years. According to the World Health Organization (WHO), about 65% of the global population continues to depend on medicinal plants as their main source of healthcare. Furthermore, it is estimated that roughly 50% of drugs developed 1980 are either natural products, their derivatives, or structural analogues. Numerous studies have reported that plants exhibit valuable biological activities, including anticancer, antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, analgesic and wound-healing effects.

In many instances, people have also claimed significant benefits from traditional herbal remedies. A key factor in successfully identifying bioactive plant compounds lies in the careful selection of plant material (Sravani and Sunita, 2022).

Schefflera arboricola, also known as the Dwarf Schefflera or Dwarf Umbrella Tree, is a member of the Araliaceous family and originates from Taiwan. Considered a smaller variant of *S. actinophylla*, this species is widely grown as an ornamental plant. It's resilience to unfavorable growing conditions has made it a popular indoor plant although it is also cultivated outdoors (Chi, 2012). Research indicates that ethanol leaf extracts of *S. arboricola* possess sedative, hypnotic, analgesic, anticonvulsant and smooth muscle relaxant effects. Traditionally, the plant has been used to treat stomachaches, rheumatic arthritis, fractures and sprains. In southern China, it has long been employed in folk medicine for managing pain, rheumatic arthritis, fractures, sprains and traumatic bleeding (Liu *et al.,* 2011). This phytochemical study expands the limited information available on *S. arboricola*. The detected phytochemical and compounds confirm its antimicrobial potential and enhance the species scientific value. In addition, the study reveals the potential of the seed, chemically abundant but largely overlooked and discarded.

MATERIALS AND METHODS

Plant collection and Extraction

Seeds of *S. arboricola*, belonging to the family Araliaceae, were collected from Coimbatore district, Tamilnadu. The seeds were first washed under running tap water, followed by rinsing with distilled water to remove dust and contaminants. They were then dried for several days through periodic sun drying to avoid contamination (Rajeshwari *et al.,* 2011). Once dried, the seeds were ground into a fine powder using electronic blender, sealed in and airtight container, and stored for extraction. For the extraction process, 25 g of powdered sample was subjected to Soxhlet extraction with 250 ml of ethanol. The procedure was continued until the solvent in the siphon tube of the extractor turned colorless (Redfern *et al.,* 2014). The obtained extracts were transferred to a beaker and left to air dry until complete evaporation of the solvent. The dried extracts were then stored in a refrigerator at 4^0C for subsequent phytochemical and antimicrobial analyses (Thenmozhi and Rajeshwari, 2010).

Preliminary Phytochemical analysis

Preliminary phytochemical screening of the ethanol extract was performed to analyses the presence of different phytoconstituents, such as Carbohydrates, proteins, steroids, amino acids, glycosides, alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, phenolic compounds, quinones fixed oil and fats. The Screening was carried out according to standard procedures with some modifications (Harborne, 1984).

Antimicrobial activity

The antibacterial activity of *S. arboricola* seed extracts was evaluated against nine bacterial strains: *Staphylococcus aureus, Salmonella paratyphi, Bacillus lentus, Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Staphylococcus albus, Streptomyces griseus* and *Klebsiella pneumoniae,* using the agar disk diffusion method. Standardized inocula (1-2 x 10^7 CFU/mL) of each strain were evenly spread onto Muller Hinton Agar (MHA) plates with sterile glass spreader. Sterile paper discs (6 mm diameter: Whatman No. 1filter paper) impregnated with seed extracts at concentrations of 100, 200 and 300 µg/mL were dried and carefully placed on the agar surface using sterile forceps to ensure full contact with the medium.

The plates were left at room temperature for 30 min (pre diffusion time) before being incubated at 37^0C for 24 h. Zone of inhibition were recorded and all experiments were conducted in triplicate to ensure reliability (Manandhar *et al.,* 2019).

RESULT AND DISCUSSION

The Phytochemical screening of *S. arboricola* ethanol extract revealed the presence of carbohydrate, glycosides, tannins, flavonoids, alkaloids, phenolic compound and fixed oil, while protein, steroids, amino acids, saponins and quinones were absent. Strong reactions were observed for alkaloids, flavonoids, phenolic and fixed oil, whereas carbohydrates, glycosides and tannins showed moderate reaction (Table. 1). These findings agree with previous studies on *S. arboricola* and related *schefflera* species. EI-Hagrassi et al. (2022) reported abundant phenolic and flavonoid compounds in *S. arboricola* leaves, correlating with antioxidant and anti-inflammatory activities. Similarly, Phytochemical evaluation of *Schefflera* sp. From southern India identified flavonoids, tannins, glycosides and saponins in various extracts, highlighting species and solvent dependent profiles (Deepa *et al.,* 2014). In another study, *S. arboricola* leaf and stem extracts contained steroids, saponins, flavonoids, tannins and alkaloids, supporting the diversity of bioactive metabolites with genus (Sravani and Sunita, 2022).

Table 1: Phytochemical Analysis of *Schefflera arboricola* seeds in Ethanolic Extracts

S.No.	Phytochemical constituents	Ethanol Extract
1.	Carbohydrates	+
2.	Proteins	-
3.	Steroids	-
4.	Amino Acids	-
5.	Glycosides	+
6.	Alkaloids	++
7.	Flavonoids	++
8.	Saponins	-
9.	Tannins	+
10.	Phenolic Compounds	++
11.	Quinones	-
12.	Fixed Oil and Fats	++

+, ++ = Present of compounds, - = Absents of compounds

The predominance of alkaloids, flavonoids and phenolic compounds in the ethanol extract is significant, as these classes are associated with antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory properties (EI-Hagrassi *et al.,* 2022). The presence of fixed oil suggests additional nutritional and therapeutic relevance. The absence of proteins, amino acids, steroids, saponins and quinones may reflect solvent polarity of low concentrations, consistent with reports varion across extracts and plant parts. These results confirm that *S. arboricola* is chemically rich and provide a basis for its pharmacological potential.

Antimicrobial (Antibacterial) Activity:

The antibacterial activity of ethanol extract was evaluated against nine pathogenic bacterial strains, including both Gram-Positive and Gram-negative bacteria, at concentration of 100, 200 and 300 µg/ml and compared with the standard antibiotic ciprofloxacin (5 µg/ml). The results are summarized in Table 2. The extract exhibited broad spectrum antibacterial activity with varying potency among the tested microorganisms. Among Gram positive bacteria, *Bacillus lentus* showed the highest susceptibility, with inhibition zones of 13,19,23 at 100, 200 and 300 µg/ml respectively, compared to 35mm for ciprofloxacin. *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* also demonstrated strong inhibition (22, 19 mm at 300 µg/ml). Moderate activity was observed against *Staphylococcus albus* (21 mm) and *Streptomyces griseus* (22 mm).

Table 2: Antimicrobial Activity of *Schefflera arboricola* seeds in Ethanolic Extracts

S.No	Microorganisms	Mean Zone of inhibition (mm) / Concentration (µg/ml)			
		100	**200**	**300**	**Ciprofloxacin (5)**
1	*Staphylococcus aureus*	11±1.53	14±1.53	19±0.58	31±0.58
2	*Salmonella paratyphi*	10±0.58	16±1.00	20±1.00	30±1.00
3	*Bacillus lentus*	**13±1.53**	**19±1.55**	**23±1.53**	**35±0.58**
4	*Bacillus subtilis*	12±0.58	16±1.55	22±0.58	31±0.58
5	*Pseudomonas aeruginosa*	8±0.58	10±0.58	11±0.58	29±1.15
6	*Escherichia coli*	12±0.58	17±1.00	22±1.155	31±1.00
7	*Staphylococcus albus*	9±1.53	15±1.00	21±0.58	27±0.58
8	*Streptomyces griseus*	9±1.53	17±0.578	22±1.00	25±1.00
9	*Klebsiella pneumoniae*	8±0.58	13±1.00	20±1.00	24±0.58

For Gram-negative bacteria *Escherichia coli* and *Salmonella paratyphi* were the most sensitive, producing inhibition zones 22 mm and 20 mm at 300 µg/ml, compared to 31mm and 30 mm with ciprofloxacin. *Klebsiella pneumoniae* exhibited moderate inhibition (20 mm) while *Pseudomonas aeruginosa* was the least sensitive, showing only 11 mm inhibition at the highest concentration, consistent with its intrinsic resistance mechanism such as efflux pumps and restricted membrane permeability (Shivashankar *et al.,* 2001).

These finding agree with previous report showing that ethanol extracts of medicinal plant exhibit broad spectrum antibacterial properties against *Staphylococcus aureus, E.Coli, Bacillus sp* and *Salmonella* sp (Cowan, 1999; Parekh and Chanda, 2007). Similar results were observed by Barbardossa et al. 2025, who reported inhibitory effects of plant extracts against *S. aureus* and by Alzoreky and Nakahara, 2003, who showed strong antibacterial activity of edible plant extracts. Furthermore, resistance of *Pseudomonas aeruginosa* to plant extracts has been reported in other studies, such as Djeussi et al. 2013, which attributed it to multidrug resistance mechanisms. Overall, the results confirm that the ethanol extract possesses significant antibacterial properties, particularly against *Bacillus lentus, Escherichia coli* and *Salmonella paratyphi*, though its potency remains lower than ciprofloxacin.

SUMMARY AND CONCLUSION

The ethanol extract *Schefflera arboricola* was found to be rich in bioactive phytochemicals, including carbohydrates, glycosides, tannins, flavonoids, alkaloids, phenolic compounds and fixed oils, while proteins amino acids, steroid, saponins and quinones were absent. Strong reactions for alkaloids, flavonoids, phenolics and fixed oil highlight their predominance and potential therapeutic relevance. Antibacterial screening revealed broad-spectrum activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Bacillus lentus, Escherichia coli* and *Salmonella paratyphi* exhibited the highest susceptibility, while *Pseudomonas aeruginosa* showed the least, consistent with its intrinsic resistance. Although less potent than ciprofloxacin, the extract demonstrated significant inhibitory effects, confirming its pharmacological promise. Overall, the result validates the ethnomedical value of *Schefflera arboricola* and suggest that its secondary metabolites contribute to antimicrobial activity. Further studies on compound isolation and mechanism of action could advance its potential as a natural therapeutic agent.

REFERENCES

Alzoreky, N. S., & Nakahara, K. (2003). Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *International Journal of Food Microbiology, 80*(3), 223–230. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00169-1

Barbarossa, A., Rosato, A., Tardugno, R., Carrieri, A., Corbo, F., Limongelli, F., Fumarola, L., Fracchiolla, G., & Carocci, A. (2025). Antibiofilm effects of plant extracts against *Staphylococcus aureus*. *Microorganisms, 13*(2), 454. https://doi.org/10.3390/microorganisms13020454

Chi, V. V. (2012). *The dictionary of medicinal plants of Vietnam* (Vol. 2). Hanoi, Vietnam: Medical Publishing House.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews, 12*(4), 564–582. https://doi.org/10.1128/cmr.12.4.564

Djeussi, D. E., Noumedem, J. A., Seukep, J. A., Fankam, A. G., Voukeng, I. K., Tankeo, S. B., Nkuete, A. H. L., & Kuete, V. (2013). Antibacterial activities of selected edible plants extracts against multidrug-resistant Gram-negative bacteria. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 13*, 164. https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-164

El-Hagrassi, A. M., Osman, A. F., El-Naggar, M. E., Mowaad, N. A., Khalil, S., & Hamed, M. A. (2022). Phytochemical constituents and protective efficacy of *Schefflera arboricola* L. leaves extract against thioacetamide-induced hepatic encephalopathy in rats. *Biomarkers, 27*(4), 375–394. https://doi.org/10.1080/1354750X.2022.2048892

Harborne, J. B. (1984). *Phytochemical methods* (pp. 49–188). London: Chapman and Hall Ltd.

Hebbar, D. R., & Nalini, M. S. (2013). Phytochemical screening, total phenolic content and in vitro antioxidant studies of leaf, bark and flower extracts of *Schefflera* spp. (Araliaceae). *Journal of Applied Pharmaceutical Science, 3*(11), 94–98.

Hebbar, D. R., & Nalini, M. S. (2014). Evaluation of phytochemicals, total phenolics, and antioxidant activities of *Schefflera* spp. (Araliaceae) from southern India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2*(5), 10–14.

Liu, X., Liu, D. F., & Liu, H. B. (2011). Screening of anti-inflammatory and analgesic extraction from *Schefflera arboricola* Hayata. *Anhui Medical & Pharmaceutical Journal, 12*, 10.

Manandhar, S., Luitel, S., & Dahal, R. K. (2019). In vitro antimicrobial activity of some medicinal plants against human pathogenic bacteria. *Journal of Tropical Medicine, 2019*, 1895340. https://doi.org/10.1155/2019/1895340

Parekh, J., & Chanda, S. (2007). In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plants. *Turkish Journal of Biology, 31*(1), 53–58.

Redfern, J., Kinninmonth, M., Burdass, D., & Verran, J. (2014). Using Soxhlet ethanol extraction to produce and test plant material (essential oils) for their antimicrobial properties. *Journal of Microbiology & Biology Education, 15*(1), 45–46. https://doi.org/10.1128/jmbe.v15i1.656

Shivashankar, K., Subbayya, I. N., & Balaram, H. (2001). Development of a bacterial screen for novel hypoxanthine-guanine phosphoribosyltransferase substrates. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology, 3*(4), 557–562. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11545274

Sivaraj, R., Balakrishnan, A., Thenmozhi, M., & Venckatesh, R. (2011). Preliminary phytochemical analysis of *Aegle marmelos*, *Ruta graveolens*, *Opuntia dellini*, *Euphorbia royleana*, and *Euphorbia antiquorum*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2*(1), 132–136. http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(1).132-36

Sravani, G., & Sunita, K. (2022). Qualitative and quantitative analysis of phytochemicals and in vitro antioxidant activity in *Schefflera arboricola*. *World Journal of Pharmaceutical Research, 11*(4), 1403–1421. https://doi.org/10.20959/wjpr20224-23582

Thenmozhi, M., & Sivaraj, R. (2010). Phytochemical analysis and antimicrobial activity of *Polyalthia longifolia*. *International Journal of Pharma and Bio Sciences, 1*(3), 1–7.

REF **:** Akademik Teşvik 29/09/2025

İLGİLİ MAKAMA

EFES 3. ULUSLARARASI BİLİMSEL ARAŞTIRMALARDA GÜNCEL GELİŞMELER KONGRESİ 13-15 Eylül 2025 tarihleri arasında İzmir / Türkiye'de 23 farklı ülkenin (Türkiye-87, Diğer Ülkelerden-108) akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,
Saygılarımla

Prof. Dr. Florian MOBO
Chairman of the Congress Organizing Committee

Konu : Bilimsel Etkinlik Hk.
Sayı : AE-3 12.04.2025

İLGİLİ MAKAMA

10 Eylül 2024 tarihinde saat 13.30'da "Bilimsel Etkinlik Düzenlenmesi ve Görevlendirmeler" gündemi ile toplanan Yönetim Kurulumuz'un 2024/E2 sayılı kararı ile 24-26 Temmuz 2025 tarihlerinde Tunceli'de

"Efes 3. Uluslararası Bilimsel Araştırmalarda Güncel Gelişmeler Kongresi" düzenlenmesine karar verilmiştir

İlgili kararın ifası için görevlendirilen düzenleme kurulu üyeleri unvan ve isimleri aşağıda belirtilmiş olup bilim ve danışma kurulunun düzenleme kurulu tarafından teşekkül ettirilmesi ile kongreye bizzat iştirak edecek düzenleme kurulu üyelerinin yolluk ve gündeliklerinin saymanlığımız tarafından ilgili harcama kaleminden ödenmesi

Arz rica olunur

Sefa Salih BİLDİRİCİ
Başkan Yardımcısı

Düzenleme Kurulu Üyeleri
Doç. Dr. Hacer KAYA, Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Özlem ÜLGER, Batman Üniversitesi
Doç. Dr. Volkan GÜL, Bayburt Üniversitesi
Doç. Dr. Abdulkadir AYDIN, Dicle Üniversitesi
Dr. Mehtap DEMİR, Adıyaman Üniversitesi

Etkinlik linki: https://www.ubakkongre.com/