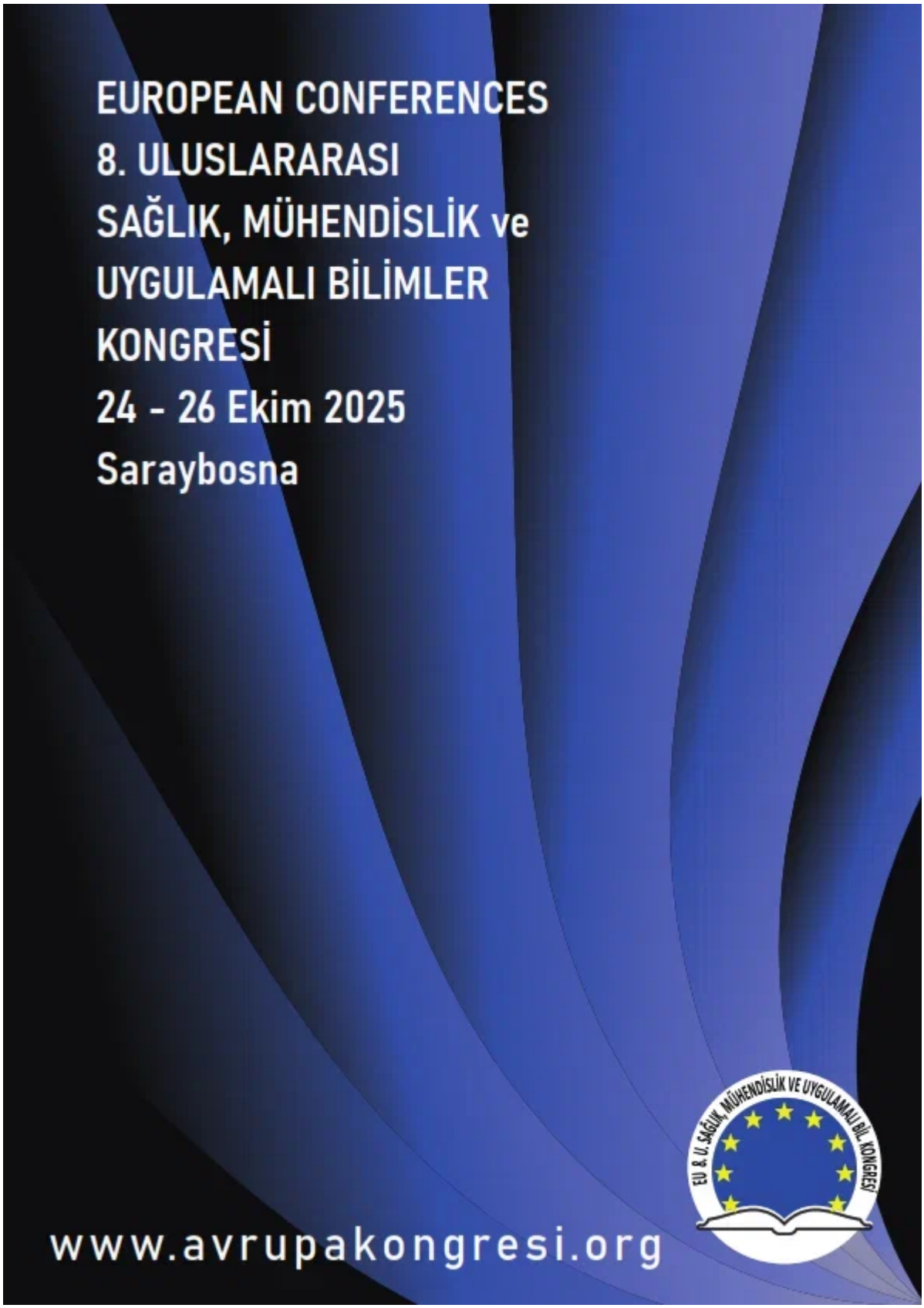
CONFERENCE BOOK



EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
OCTOBER 24 - 26, 2025 - SARAJEVO

ISBN: 978-625-5694-44-7

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
OCTOBER 24 - 26, 2025
SARAJEVO

Edited By
PROF. DR. NAILE BILGILI

Issued: 10.11.2025
ISBN: 978-625-5694-44-7

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
In the conference 52 papers have been presented by Turkish participants and 81 papers by foreign participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Global–2025©

CONFERENCE ID

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE

OCTOBER 24 - 26, 2025
SARAJEVO

ORGANIIZATION

ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey – Jordan- Lebanon- Egypt - Saudi Arabia- Nigeria- Morocco- Morocco- Iran- Pakistan- India- Georgia- France- Romania- Bulgaria- Algeria- Laos- Azerbaijan- Taiwan- Kyrgyzstan- Uzbekistan- Canada- Philippines- Portugal- Japan – Serbia- Russia- Ghana- Sweden – Poland- Italy- Bangladesh- Greece- Malaysia-

-

PRESENTATION

Oral presentation

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference: Prof. Dr. Naile Bilgili

Prof. Dr. Hülya Çiçek - Gaziantep Universitesi

Prof. Dr. Ali Bilgili - Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Naile Bilgili - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Başak Hanedan - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Hajar Huseynova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Dwi Sulisworo - Ahmad Dahlan University

Prof. Zain Musa - Royal Academy of Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain - NICMAR University

Prof Yakup Babayev - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Suyatno - Ahmad Dahlan University

Prof. Dr. Al-Rashiff H. Mastul -Mindanao State University

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy - Mindanao State University

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Belkıs Özkara - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna - Zarmed University

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Ataturk Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Batman Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Dody Hartanto - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Nazile Abdullazade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Erkan EFİLTİ - Kırgızistan-Türkiye Manas University

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - New Bulgarian Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari - Tebriz Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş - Gazi Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - İnönü Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları

Assist. Prof. Ihwan Ghazali - Technic University of Malaysia

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan- Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Dicle Üniversitesi

Lecturer Mehmet Nuri Ödük - Selçuk Üniversitesi

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden - Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou –

Dr. Dadash Mehravari - Tebriz Universitesi

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Gültekin Gürçay

Dr. Amaneh Manafidizajı

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Turkiye

Prof. Dr. Emine Koca – Turkiye

Prof. Dr. Fatma Koç – Turkiye

Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye

Prof. Dr. Ali Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Naile Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Başak Hanedan – Turkiye

Prof. Dr. Aysel Güven - Turkiye

Prof Dr. Bülent Kurtişoğlu – Turkiye

Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan

Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia

Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina

Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia

Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan

Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India

Prof. Dr. İzzet Gümüş – Turkiye

Prof. Dr. Mustafa Bayram – Turkiye

Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Turkiye

Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China

Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan

Prof. Dr. Suyatno – Indonesia

Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain – India

Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran

Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia

Prof. Dr. Guler Yenice – Turkiye

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi – Turkiye

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna – Uzbekistan

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı – Türkiye

Prof. Dr. Belkıs Özkara – Türkiye

Prof. Dr. Al-Rashiff Hamjilani Mastul – Philipinnes

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy – Philippines

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sıddık Bakır – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Meryem Öztürk - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Turkiye

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India

Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran

Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya

Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Erkan Efilti - Kirgizhstan

Assist. Prof. K. R. Padma – India

Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan

Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria

Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania

Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran

Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan

Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria

Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India

Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye

Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa

Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India

Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania

Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines

Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye

Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye

Dr. Ayşe Baran - Turkiye

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Sonali Malhotra – India

Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hemşirelik Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-98978265-100-1174800 19.02.2025
Konu : Dilekçe(Prof. Dr. Naile BİLGİLİ)

Sayın Prof. Dr. Naile BİLGİLİ
Halk Sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı Başkanlığı - Öğretim Üyesi

İlgi : 17.02.2025 tarihli ve E-87008936-100- 1173474 sayılı yazı.

İlgi dilekçenizde belirttiğiniz "Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında Sağlık Bilimleri Temel Alanı'nda gerçekleştirilecek olan madde 8'in Bilimsel Toplantı başlığı altındaki b bendi" uyarınca, Academy Global Conferences & Publishing (https://www.akademikongre.org/registration) tarafından 2025 yılında düzenlenecek olan bilimsel etkinliklerde görev alma talebiniz konusunda bilgilendirildim.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Sultan AYAZ ALKAYA
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu :BSCMHSP653 Belge Takip Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/gazi-universitesi-ebys

Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Tel:0 (312) 202 20 00 Faks:0 (312) 221 32 02
İnternet Adresi :http://gazi-universitesi.gazi.edu.tr/
Kep Adresi: gaziuniversitesi@hs01.kep.tr
Bilgi için :Onur Akın
Bilgisayar İşletmeni
Telefon No:0312 216 26 27

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES
EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
EU EXART 7TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
October 24 - 26, 2025
SARAJEVO

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- **Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.**
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- **Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.**
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- **Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.**
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- **Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.**
- Sunum yapmak zorunludur. **Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.**
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.
- **SADECE ÇALIŞMADA YAZAR OLARAK GEÇEN KİŞİLER SUNUM YAPABİLİR !**

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via https://zoom.us/join site, enter ID instead of “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.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

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.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof., KADRİYE AYDEMİR**	1	ELEKTROENSEFELORAFİ VE ELEKTROKARDİYOGRAFİ SİNYALLERİ KULLANILARAK EPİLEPSİ NÖBETLERİNİN YAPAY ZEKA İLE TAHMİN EDİLMESİ	Msc, NUR SENA ÖZDEMİR YILMAZ Prof. Dr. OSMAN EROĞUL
		2	YÜKSEK BOYUTLU PANEL VERİ ANALİZİNDE MODEL SEÇİMİ: KLASİK MODELLEME VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMI	Prof. Dr. M. Kenan TERZİOĞLU Mehmet Ali YÜCEL
		3	MAKİNE ÖĞRENİMİ İLE YAPISAL EKONOMETRİ ARASINDAKİ BAĞLANTI VE FARK	Prof. Dr. M. Kenan TERZİOĞLU Mehmet Ali YÜCEL
		4	ETHICAL EVALUATION OF CHATGPT, A GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL	Semahat GÜRSOY Doç.Dr.Nursel YALÇIN
		5	DERİN ÖĞRENME İLE SES TABANLI DUYGU TANIMA: HİBRİT CNN–LSTM YAKLAŞIMI	Yüksek Lisans Öğrencisi, MERT KABA Doç. Dr., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY
		6	PERİYODİK SINIR ŞARTLARI İÇEREN BİR STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN GREEN FONKSİYONU YÖNTEMİ İLE SPEKTRAL ANALİZİ	Prof., OKTAY Sh. MUKHTAROV Prof., KADRİYE AYDEMİR Doç. Dr., HAYATİ OLĞAR
		7	ÇOK ARALIKLI BİR STURM-LİOUVİLLE SINIR DEĞER PROBLEMİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA TEOREMLERİ	Prof., KADRİYE AYDEMİR Prof., OKTAY Sh. MUKHTAROV Doç. Dr., HAYATİ OLĞAR

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assoc. Prof. Tuba UNVER**	1	EVALUATION OF HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND GLUCOSE-6- PHOSPHATE DEHYDROGENASE (G6PDH) ACTIVITY IN WISTAR RATS	Saadi Fatima Zohra
		2	PARTIAL GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE DEFICIENCY IN AN INFANT PRESENTING WITH HEMOLYTIC ANEMIA: A CASE REPORT	Saadi Fatima Zohra Bouloukbachi Zahra
		3	GENETIC AND EPIGENETIC TRACES OF PSYCHOLOGICAL STRESS AND CHRONIC PAIN IN RHEUMATOLOGIC DISEASES	Dr. Şeyda Doğantan Prof. Dr. Mustafa Özçetin Prof. Dr. Sacide Pehlivan
		4	A HOLISTIC EXAMINATION OF EMOTIONAL REGULATION, RESILIENCE, AND GENETIC–EPIGENETIC INTERACTIONS İN AUTISM SPECTRUM DISORDER	Uzm.ŞEVİN AKSOY Prof.Dr. MUSTAFA ÖZÇETİN Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN
		5	A GIANT ADRENOCORTICAL CARCINOMA PRESENTING AS POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: A CASE REPORT	MD. Miray ASİLSOY
		6	THE INHIBITORY ROLE OF EPICATECHIN, A THERAPEUTIC TARGET AS AN ANTIMICROBIAL AGENT, ON THE GROWTH OF THE BACTERIAL STRAINS	Assoc. Prof. Tuba UNVER

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Associate Prof., Merve KOLCU**	1	YAŞLI BİREYLERİN UYKU SAĞLIĞINI GELİŞTİRMEYE YÖNELİK MÜDAHALELER: LİTERATÜR DERLEMESİ	Şevval Zeynep GÜL Prof. Dr. Naile BİLGİLİ
		2	ÇEVRESEL BELİRLEYİCİLER VE İNSAN SAĞLIĞI	Şevval Zeynep GÜL Prof. Dr. Naile BİLGİLİ
		3	SELF-CARE AND ASSOCIATED FACTORS IN ELDERLY INDIVIDUALS WITH TYPE 2 DIABETES	Associate Prof., Merve KOLCU Professor Dr., Selda CELIK
		4	THE EFFECT OF SOCIAL SUPPORT ON DIABETES MANAGEMENT IN ELDERLY INDIVIDUALS WİTH TYPE 2 DIABETES	Associate Prof., Merve KOLCU Professor Dr., Selda CELIK
		5	ANALYSIS OF OCCUPATIONAL DISEASES DUE TO DUST EXPOSURE IN MANUFACTURING SECTOR WORKERS	Zeynep BAŞAR Prof.Dr.Mithat ZEYDAN
		6	WATER RETENTION AND OIL RETENTION CAPACITIES OF PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED FROM MEAT TRIMMING WASTES UNDER DIFFERENT PROCESS CONDITIONS	Res. Asst. PhD, Elif EKİZ TERZİOĞLU Assoc. Prof., Emel ÖZ Prof. Dr., Fatih ÖZ
		7	USE OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS IN MILK AND DAIRY PRODUCTS	Dr. Ezgi EDEBALİ Asst. Prof. Murat Emre TERZİOĞLU Prof. Dr. İhsan BAKIRCI

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Doç. Dr. ELİF SAĞLIK**	1	KENTSEL TASARIMDA OCEAN METODUNUN KULLANIM POTANSİYELİ	Yl. Öğr., Fatma ERDOĞAN Doç. Dr., Elif SAĞLIK
		2	VERİDEN KARARA: DİJİTAL İKİZ TEKNİĞİ İLE KARAR VERME SÜRECİ	YL Öğr. Emine Berfin MİNKARA Doç. Dr. Elif SAĞLIK
		3	KENTSEL ARTIK ZAMAN PEYZAJLARI: İSTANBUL'DA MİKRO BOŞ ZAMANLARIN ESTETİK VE TASARIM POTANSİYELİ	YL Öğr., ASLIHAN UYGUN Doç. Dr. ELİF SAĞLIK
		4	THE ROLE OF AUDITORY LANDSCAPE EXPERIENCE IN LANDSCAPE ARCHITECTURE IN URBAN AREAS	Graduate Student, Rojda ŞİMŞEK Assoc. Prof. Dr. Feran AŞUR
		5	ECOLOGICAL AND CULTURAL LANDSCAPE VALUE OF THE PUQUIOS, THE ANCIENT HYDRAULIC SYSTEM OF THE NASCA CIVILIZATION	Phd. Student, Muhammed Emir GÖRAL Assoc. Prof. Dr. Feran AŞUR

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Noura Al-Harbi**	1	VIRTUAL BIOLOGY LABORATORY FOR ENHANCED STUDENT LEARNING	Dr. Nurul Huda Dr. Amirul Faizal
		2	INTEGRATING ONLINE LABORATORIES INTO SECONDARY BIOLOGY EDUCATION IN KAZAKHSTAN	Ayan Mukhtar Zhanar Bektemir Dinara Sadykova
		3	BIOLOGICALLY INSPIRED REACTIVE AGENT MODELING USING X-MACHINES	Dimitrios Papadopoulos Elena Nikolaidis Yannis Christodoulou
		4	CRYPTOGENIC FRESHWATER FISH BIODIVERSITY IN BANGLADESH	Dr. Md. Hasan Dr. Kamal Uddin Md. Tarek Hossain
		5	UNIFIED MODELS IN GENOME REARRANGEMENT AND SORTING PRIMITIVES IN BIOINFORMATICS	Dr. Anil Kumar Assis. Prof. Dr. Priya Sharma Rohit Singh
		6	MOLECULAR IDENTIFICATION AND DIVERSITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PESTS USING DNA BARCODING	Dr. Saud Al-Mutairi Faisal Al-Qahtani Assoc. Prof. Dr. Noura Al-Harbi
		7	ADVANCED MICROFLUIDIC TECHNIQUES FOR BIOMEDICAL AND BIOHEALTH APPLICATIONS	Dr. Zahra Roudsari Dr. Nima Etemad

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Matteo Ricci**	1	ELITE SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT STRATEGIES: INTEGRATING GREEN SPACES AND SMART INFRASTRUCTURE	Assoc. Prof. Dr. Matteo Ricci, Hana Kim, Prof. Dr. Samuel Osei
		2	REVITALIZING HISTORIC CITY CENTERS THROUGH CONTEMPORARY LANDSCAPE DESIGN AND COMMUNITY ENGAGEMENT	Tomasz Kowalski, Amina Diallo
		3	ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN MODERN ARCHITECTURE FOR ENERGY EFFICIENCY	Dr. Isabella Fernandes, Assoc. Prof. Dr. Ahmed Al-Mansouri
		4	BIODIVERSITY-FOCUSED URBAN PARK DESIGN: PROMOTING ECOLOGICAL CORRIDORS AND HABITAT RESTORATION	Prof. Dr. Juan Carlos Ramirez, Prof. Dr. Fatima Noor
		5	SMART MOBILITY AND INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING IN FUTURE CITIES	Dr. Lars Svensson, Mei Ling Zhao
		6	ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLIMATE CHANGE: RESILIENT STRUCTURES AND FLOOD MANAGEMENT STRATEGIES	Assoc. Prof. Dr. Olga Ivanova, Dr. Rafael Martinez, lec. Noura Al-Faraj
		7	CULTURAL LANDSCAPES AND URBAN IDENTITY: PRESERVATION, ADAPTATION, AND COMMUNITY PARTICIPATION	Anika Schreiber, Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi
		8	INNOVATIVE HOUSING SOLUTIONS FOR DENSE URBAN ENVIRONMENTS: VERTICAL GREENERY AND MULTI-USE SPACES	Lucas Pereira, Prof. Dr. Min-Joon Choi, Assoc. Prof. Dr. Elena Dimitrova

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Prof. Dr. Laila Abdallah**	1	IMPACT OF TELEHEALTH IMPLEMENTATION ON MATERNAL AND NEWBORN HEALTH OUTCOMES IN RURAL MIDDLE EASTERN COMMUNITIES	Assoc. Prof. Dr. Layla Hassan Omar Al-Najjar Sara Al-Mutairi
		2	STRATEGIES TO ENHANCE MENTAL HEALTH SUPPORT FOR PREGNANT AND POSTPARTUM WOMEN IN MIDDLE EASTERN HEALTHCARE SETTINGS	Dr. Fatima Suleiman Khaled Al-Farsi
		3	IMPLEMENTING TELEHEALTH IN RURAL AND REMOTE COMMUNITIES FOR PRIMARY CARE	Prof. Dr. Alejandro Ruiz, Dr. Fatima Khan, Assis. Prof. Dr. Morten Larsen
		4	ASSESSMENT OF PAIN MANAGEMENT PRACTICES IN PEDIATRIC CARE UNITS ACROSS MIDDLE EASTERN COUNTRIES	Dr. Rania Khalil Youssef Mahmoud Dr. Leila Mansour
		5	THE ROLE OF NURSES IN CHRONIC DISEASE MANAGEMENT: A CROSS-COUNTRY STUDY IN THE MIDDLE EAST	Prof. Dr. Ahmed Farouk Dr. Salma Nabil Prof. Dr. Dalia Karam
		6	EVALUATION OF NURSING EDUCATION CURRICULA IN THE MIDDLE EAST: ALIGNMENT WITH GLOBAL HEALTHCARE NEEDS AND CULTURAL CONTEXTS	Prof. Dr. Samir Abbas

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Assis. Prof. Dr. Laura Jensen,**	1	OPTIMIZING RESOURCE ALLOCATION IN DYNAMIC NETWORKS USING HEURISTIC METHODS	Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilev, Pavel Korolenko, Dr. Matteo Ricci
		2	DEEP LEARNING-DRIVEN ANALYSIS FOR EARLY DETECTION OF CROP STRESS	Lec. Amina Koulibaly, Dr. Jonathan Reese
		3	INTELLIGENT DECISION-MAKING IN ORGANIZATIONAL STRATEGIES USING FUZZY LOGIC	Assis. Prof. Dr. Laura Jensen, Thomas Gruber, Sebastian Meyer
		4	ADAPTIVE STOCHASTIC GRADIENT METHODS FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION	Assoc. Prof. Dr. Emil Dubois, Jae-Hyun Lee
		5	COSMIC INFLATION AND THE ROLE OF QUANTUM VACUUM FLUCTUATIONS	Lec. Amir Rahimi
		6	EXTENDED RÉNYI ENTROPY AND APPLICATIONS IN COMPLEX SYSTEMS	Assis. Prof. Dr. Carla M. Silva, Dr. José F. Romero, Miguel A. Torres, Ana L. Hernández
		7	EXACT ANALYTICAL SOLUTION OF THIRD ORDER NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS **Authors:**	Assoc. Prof. Dr. Farid Alimov,
		8	APPLICATION OF MULTIVARIATE REGRESSION MODELS FOR ECONOMIC TREND PREDICTION: ANALYZING THE IMPACT OF ENERGY PRICES, NATIONAL OUTPUT, AND GDP GROWTH	Dr. Ravi K. Menon, Assoc. Prof. Dr. Leila Hassan, Aria Feroz

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ekim / Oct 24, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Takeda**	1	DIFFERENTIATION OF GENE EXPRESSION PROFILES IN LIVER AND KIDNEY TISSUES OF PIGS	Assoc. Pro. Dr. Sergey Sokolova
		2	DECISION TREES FOR PREDICTING RISK OF MORTALITY USING ROUTINELY COLLECTED DATA	Dr. Emily Carter Dr. James Walker Dr. Michael Thompson
		3	SELENIUM LEVELS IN AGRICULTURAL SOILS AND CROPS OF THE BALKAN REGION	Mila Stefanovic Dragan Kovacevic
		4	MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION	Dr. Neda Karimi Assoc. Prof. Dr. Pardis Mousavi
		5	MODELING THE COMPLEX RELATIONSHIP BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION	Dr. Olufemi Adewale Dr. Chinedu Okoro
		6	PRELIMINARY ANALYSIS OF REAL-TIME HAND MOVEMENT RECOGNITION FOR UPPER-LIMB PROSTHETICS BASED ON ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS	Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Takeda Assist. Prof. Dr. Maria Gonzalez Lec. Ahmed El-Sayed Dr. Jonathan Clarke
		7	ADVANCED SIMULATION PLATFORM FOR MEDICAL IMAGE FUSION AND LEARNING	Assoc. Prof. Dr. Beatriz Oliveira, Assis. Prof. Dr. Inês Soares, Miguel A. Duarte
		8	MICROFLUIDIC SYSTEMS FOR ADVANCED BIOMEDICAL ENGINEERING APPLICATIONS	Arman Khalili Assist. Prof. Dr. Laleh Moradi Lec. Sahar Nematpour

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Öğr. Üyesi Serpil AYGÖRMEZ**	1	RESIDUES AND RESISTANCE OF FLUOROQUINOLONE DRUGS IN THE POULTRY PRODUCTION CHAIN: CURRENT FINDINGS AND RISK ASSESSMENT	Research Assistant, Esma KAYAOĞLU Assistant Professor, Dr. Ülkü YEREBASAN
		2	TOXİCİTY OF NİTRİTE AND NİTRATE SALTS USED İN ANİMAL PRODUCTS	Assistant Professor, Ülkü YEREBASAN Research Assistant, Esma KAYAOĞLU
		3	ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS: MECHANISMS, ORGAN-SPECIFIC EFFECTS, AND THE PROTECTIVE ROLE OF ANTIOXIDANTS AGAINST TOXIC AGENTS	Dr. Öğr. Üyesi Serpil AYGÖRMEZ Prof. Dr. Mushap KURU Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR
		4	AMMONIUM REMOVAL BY ANOXIC NITRIFICATION-DENITRIFICATION BASED ON BIOGENEIC MANGANESE OXIDE IN A SEQUENCED BATCH REACTOR	Graduate Student, KÜBRA TEKAY Dr., HANDE AKSOY Professor Dr., ÖZLEM TEPE
		5	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SUPPORTING ELECTROLYTES ON THE TREATMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE LEACHATE BY ELECTROCOAGULATION	Asst. Prof. Dr. AYŞENUR ÖĞEDEY Prof. Dr. ENSAR OĞUZ
		6	APPLICATION OF INTEGRATED FIXED-FILM ACTIVATED SLUDGE (IFAS) IN WASTEWATER TREATMENT	Asst. Prof. Dr. AYŞENUR ÖĞEDEY NUR SELİNAY CİHANGİROĞLU Prof. Dr. ENSAR OĞUZ
		7	RECOMBINANT PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF *CRYPHONECTRIA PARASITICA* INULINASE	Zeliha Selcan SELÇUK Asst. Prof. Dr. Günseli KURT GÜR Assoc. Prof. Dr. Emel ORDU
		8	IMPROVİNG OF B-1,4-ENDOGLUCANASE THROUGH PROTEİN ENGİNEERİNG STRATEGİES	Graduate Student, Büşra Betül Demir Assoc. Prof. Dr. Emel Ordu Assistant Prof. Aslı Kutlu
		9	BOĞAZKERE, ASMALIK VE AŞIK BEYAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNE AİT MEYVE ÖRNEKLERİNİN ANTİBİYOFİLM ETKİ POTANSİYELİ	Doç. Dr. Nurcan ERBİL Prof. Dr. Zehra Tuğba MURATHAN
		10	SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF NEW AZABENZIMIDAZOLE DERIVATIVE COMPOUNDS	Doç. Dr. GÜLAY AKYÜZ

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof.Dr.Mustafa BOZDEMİR**	1	HEDEF BALİSTİĞİ ANALİZİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEM KULLANIMI	MUSTAFA BOZDEMİR
		2	SAVUNMA TEKNOLOJİLERİNDE MÜHİMMAT SINIFLANDIRMA YAKLAŞIMLARI	MUSTAFA BOZDEMİR
		3	BEYAZ FOSFOR SİS MÜHİMMATININ AYIRMA VE AYIKLAMA YAPILABİLİRLİĞİ	Prof.Dr.Mustafa BOZDEMİR İbrahim AKÇAKAYA
		4	BEYAZ FOSFORUN TOKSİKOLOJİK ETKİLERİ	Prof.Dr.Mustafa BOZDEMİR İbrahim AKÇAKAYA
		5	FARKLI ORTAM SICAKLIKLARINDA YÜKSEK BASINÇLI METAN DEPOLAMA SÜRECİNİN DİNAMİK MODELLEMESİ	Öğr. Gör. Dr. Fatih ÖZCAN Prof. Dr. Muhsin KILIÇ
		6	INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CUTTING CONDITIONS ON GRINDING BURNS IN GEAR GRINDING PROCESS	Ömer Faruk ERTURUN Prof. Dr. Adem ÇİÇEK
		7	VERIFICATION OF VIBRATION ANALYSIS ON SPACECRAFT EQUIPMENT	HASAN TEKAÜT
		8	STRUCTURAL ANALYSIS AND EXPERIMENTAL VALIDATION USING A DUMMY MODEL OF EQUIPMENT DESIGNED FOR THE SPACE ENVIRONMENT	Cemal ALAT Prof.Dr. Olcay Ersel CANYURT
		9	MODAL DAMPING EFFECT IN ECCENTRICALLY BRACED FRAMES UNDER PULSE-TYPE GROUND MOTIONS	Asst. Prof. Dr. Zeliha Tonyali Asst. Prof. Dr. Adnan Kiral

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Hüseyin BENLİ**	1	AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY APPROACH TO TEXTILE DYEING WITH BIOMATERIALS	Prof. Dr. Hüseyin BENLİ
		2	DYEING OF WOOL FABRICS WITH HEATHER (*CALLUNA VULGARIS* L.) LEAVES	Prof. Dr. Hüseyin BENLİ
		3	Terminalia chebula Biyomordanı Kullanılarak Doğal Boyanmış Kumaşların Renk ve Haslık Özelliklerinin Değerlendirilmesi	Öğr.Gör.Dr. Nur Kılınç Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Kılınç
		4	SYNTHESİS AND STRUCTURAL ELUCİDATİON OF MORPHOLİNE-DERİVED CHALCONES	Dr.NEDİME ÇALIŞKAN
		5	ANIMAL WASTE MANAGEMENT AND CONVERSION INTO ENERGY	Omar Alshekh ZEIN Mehmet Volkan AKSAY
		6	KENTSEL KATI ATIKLARIN YÖNETİMİ VE BİYOGAZ ÜRETİMİ	Kağan Samet GÖK Mehmet Volkan AKSAY
		7	ENERGY PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTES: CONVERSION METHODS AND GLOBAL TRENDS	Hamza ABUELAYYAN Mehmet Volkan AKSAY
		8	AIOT-ENABLED DEEP LEARNING SYSTEM FOR MOTOR HEALTH PREDICTION	Elektrik-Elektronik Mühendisi, ÖMER FARUK YÜMNÜ Dr. Öğr. Üyesi, Murat Erhan ÇİMEN

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Dr. Öğr. Üyesi Bilge Nur DOĞAN GÜLDENOĞLU**	1	EMOTIONS AS A NARRATIVE CODE : A STUDY ON THE REPRESENTATION OF FEELINGS IN PROSE AND POETRY	Merita Lumani
		2	GEORGE SIMMEL'S "PHILOSOPHY OF MONEY" and MONEY AS A RISING VALUE IN THE MODERN AGE	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		3	EXAMINING PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS' COGNITIVE STRUCTURES REGARDING THE CONCEPT OF ZERO WASTE THROUGH THE WORD ASSOCIATION TEST (WAT)	Res. Assist. Zekiye Merve ÖCAL Assoc. Prof. Dr. Ahmet Volkan YÜZÜAK Assoc. Prof. Dr. Emrah HİĞDE
		4	ÇEVRİM İÇİ KURS PROGRAMINDA TÜRKÇENİN YABANCI DİL OLARAK ÖĞRETİMİ	Dr. Öğr. Üyesi Bilge Nur DOĞAN GÜLDENOĞLU
		5	İLKOKUL 1. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN OKULA UYUM SÜRECİNDE İSTENMEYEN DAVRANIŞLARI İLE BU DAVRANIŞLARIN NEDENLERİNİN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, RAMAZAN VARDAR Doç. Dr., MUSTAFA POLAT
		6	EĞİTİM ORTAMLARINDA KARŞILAŞILAN İSTENMEYEN DAVRANIŞLARA İLİŞKİN LİSANSÜSTÜ TEZLERİN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Ramazan VARDAR Doç. Dr. Mustafa POLAT
		7	NOTES ON DUAL FORMS İDENTİFİED İN CHUVASH TURKİSH	Dr. ÖZGÜR YILDIRIM
		8		
		9		

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dwi SULİSWORO**	1	MODEL OF KAMPUNG HIJRAH MADANI (K-HIMAD): A QUR'ANIC VALUES-BASED SOCIO-CULTURAL TRANSFORMATION	Muhammad SYAIFUDIN Sumaryati Hendro WIDODO
		2	TRANSFORMATIVE STRATEGIES OF KLINIK PENDIDIKAN MIPA (KPM) BOGOR, INDONESIA: BUILDING A RELIGIOUS, EXCELLENT, AND GLOBALLY-MINDED EDUCATIONAL INSTITUTION	Herri HERDIMAN Suyatno Hendro WIDODO
		3	EXPLORING MULTIMODAL LITERACY AS A GATEWAY TO MEANINGFUL LEARNING IN THE DIGITAL AGE	Khairunnisah Dwi SULİSWORO
		4	A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF DEEP LEARNING IN INDONESIAN EDUCATION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES	Arif JAMALI Pandu PRIBADI Dwi SULISWORO Ika MARYANI
		5	EXPLORING THE DIFFICULTIES OF FIRST-YEAR STUDENTS IN BUSINESS ENGLISH COURSES: A CASE STUDY AT STIERA	Menik DARMIATI Suyitno Hesti RESPATININGSIH
		6	THE INFLUENCE OF THE TRANSFORMATIVE LEARNING MODEL ON ARABIC LEARNING MOTIVATION AT INSAN TERPADU JUNIOR HIGH SCHOOL	Muhammad Rizal Shalahuddin

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Marat Akhmetov**	1	ANCIENT TRADE ROUTES AND CULTURAL EXCHANGE IN ASIA	Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Tanaka Prof. Dr. Priya Raghavan Lec. Nguyen Van Long
		2	IMPACT OF COLONIALISM ON SOUTHEAST ASIAN POLITICAL STRUCTURES	Assoc. Prof. Dr. Aisha Rahman Prof. Dr. Somchai Chaiyaporn Dr. David Chen
		3	RELIGIOUS TRANSFORMATIONS IN THE MIDDLE EAST FROM 7TH TO 15TH CENTURY	Prof. Dr. Leila Al-Mansouri Assoc. Prof. Dr. Farhad Rezai Lec. Omar Khalid
		4	HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN EAST ASIA	Prof. Dr. Min-Joon Park Assoc. Prof. Dr. Ananya Gupta Dr. Chen Wei
		5	REVOLUTIONARY MOVEMENTS IN MODERN CENTRAL ASIA	Assoc. Prof. Dr. Marat Akhmetov Prof. Dr. Dilshod Rasulov Lec. Gulnara Abdiyeva
		6	ART AND ARCHITECTURE IN THE OTTOMAN EMPIRE	Prof. Dr. Leyla Hassan Dr. Samir Al-Khalifa
		7	ENVIRONMENTAL HISTORY AND AGRICULTURAL PRACTICES IN ANCIENT CHINA	Prof. Dr. Li Na Assoc. Prof. Dr. Takeshi Sato Lec. Tran Thi Hoa

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assoc. Prof. Dr. Jad Nasser**	1	THE IMPACT OF CULTURAL BELIEFS AND TRADITIONAL NORMS ON FAMILY THERAPY OUTCOMES IN MIDDLE EASTERN SOCIETIES	Dr. Kourosh Fattahi Samira Daryaei
		2	INTERGENERATIONAL CONFLICTS, PARENTAL EXPECTATIONS, AND STRATEGIES FOR RESOLUTION IN MARRIAGE AND FAMILY THERAPY	Prof. Dr. Elena Kuznetsova Igor Volkov Anastasia Morozova
		3	THE ROLE OF EMOTIONAL INTELLIGENCE, SELF-AWARENESS, AND COPING SKILLS IN IMPROVING MARITAL SATISFACTION AND STABILITY	Assis. Prof. Dr. Aisuluu Tulegenova Yerzhan Akhmetov Bibigul Saparova
		4	PARENTAL STRESS, WORK-LIFE BALANCE, AND THEIR IMPACT ON CHILD DEVELOPMENT AND FAMILY RELATIONSHIPS	Rania Al-Masri Omar Khalaf
		5	ANALYZING COUPLE COMMUNICATION PATTERNS, CONFLICT RESOLUTION TECHNIQUES, AND THERAPEUTIC INTERVENTIONS FOR HEALTHIER RELATIONSHIPS	Huda Nasser
		6	THE INFLUENCE OF RELIGIOUS BELIEFS, SPIRITUALITY, AND PRACTICES ON MARITAL RELATIONSHIPS AND FAMILY DYNAMICS	Dr. Ahmed Salah Dr. Laila Mostafa Nourhan Youssef
		7	MANAGING FINANCIAL STRESS, ECONOMIC PRESSURES, AND RESOURCE ALLOCATION IN FAMILY SYSTEMS THROUGH MARRIAGE AND FAMILY THERAPY	Dr. Hanan Al-Harbi Lec. Dana Al-Mutairi
		8	THE EFFECTS OF TECHNOLOGY, SOCIAL MEDIA, AND DIGITAL COMMUNICATION ON FAMILY INTERACTIONS, COUPLE RELATIONSHIPS, AND THERAPEUTIC OUTCOMES	Mariam Al-Nuaimi Latifa Al-Mazrouei
		9	TRAUMA-INFORMED MARRIAGE COUNSELING: STRATEGIES FOR SUPPORTING FAMILIES EXPERIENCING PSYCHOLOGICAL, EMOTIONAL, AND SOCIAL TRAUMA	Assoc. Prof. Dr. Jad Nasser Dr. Maya Khalil Lec. Rami Bou Saab

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Dr. Carlos Martínez Assoc. Prof. Dr. Amina Said**	1	THE PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HUMAN AGENCY AND MORAL RESPONSIBILITY	Emma Johansson Dr. Hiroshi Tanaka Isabella Moretti
		2	EXPLORING THE INTERSECTIONS OF ENVIRONMENTAL PHILOSOPHY AND ETHICS IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE RESPONSE	Dr. Carlos Martínez Assoc. Prof. Dr. Amina Said Fiona Campbell
		3	PHENOMENOLOGICAL INQUIRY INTO THE NATURE OF CONSCIOUSNESS AND SUBJECTIVE EXPERIENCE	Dr. Markus Weber Léa Dupont
		4	CRITICAL ANALYSIS OF FEMINIST PHILOSOPHY AND ITS CHALLENGES TO TRADITIONAL METAPHYSICAL THEORIES	Assoc. Prof. Dr. Sofia Dimitriou Dr. Priya Rao Zara Al-Khalil
		5	POLITICAL PHILOSOPHY AND THE ETHICS OF GLOBAL JUSTICE IN AN ERA OF INCREASING INEQUALITY	Dr. David Kim Amara Ndlovu Prof. Dr. Lucia Rossi
		6	MIND-BODY PROBLEM REVISITED: CONTEMPORARY THEORIES IN PHILOSOPHY OF MIND AND COGNITIVE SCIENCE	Dr. Jonathan Clarke
		7	RECONSIDERING THE CONCEPT OF HAPPINESS IN CONTEMPORARY ETHICAL THEORIES AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING	Prof. Dr. Olivia Bennett Dr. Samuel Okoro
		8	THE ROLE OF LANGUAGE IN SHAPING REALITY: A STUDY IN CONTEMPORARY PHILOSOPHICAL LINGUISTICS	Dr. Abdullah Al-Mutairi Assoc. Prof. Dr. Elise Fournier Mateo González

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Dr. Yacine Mansouri Assoc. Prof. Dr. Hariyanti Putri**	1	INNOVATIVE RISK MANAGEMENT FRAMEWORKS FOR FINANCIAL INSTITUTIONS IN ALGERIA	Dr. Yacine Mansouri Assoc. Prof. Dr. Hariyanti Putri
		2	THE INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL CULTURE ON EMPLOYEE PERFORMANCE IN NIGERIAN TELECOMMUNICATION COMPANIES	Assoc. Prof. Dr. Dwi Anggraini
		3	THE EFFECTIVENESS OF SUPPLY CHAIN SUSTAINABILITY INITIATIVES IN TAJIKISTAN'S INDUSTRIAL SECTORS	Dr. Murodjon Rasulov Dr. Sari Dewi Assoc. Prof. Dr. Femi Adewale
		4	STRATEGIC ALLIANCES AND BUSINESS PERFORMANCE IN INDONESIAN TECHNOLOGY FIRMS	Indra Wijaya Dr. Abderrahmane Cherifi Dr. Nana K. Mensah
		5	THE IMPACT OF LEADERSHIP STYLE ON ORGANIZATIONAL CHANGE IN AFRICAN AGRIBUSINESS COMPANIES	Dr. Jamilah Baba Assoc. Prof. Dr. Lusiana Putri Prof. Dr. Idriss N'Dour
		6	CUSTOMER SATISFACTION AND LOYALTY IN THE CONTEXT OF NIGERIAN RETAIL INDUSTRY	Prof. Dr. Nkechi Okeke Dr. Rini Anjani Assis. Prof. Dr. Mahmoud Bekhti
		7	E-GOVERNANCE AND BUSINESS TRANSPARENCY: A STUDY ON TAJIKISTAN'S PUBLIC SECTOR	Dr. Shokhrukh Yuldashev Dr. Dewi Ayu Assoc. Prof. Dr. Oumar Sylla

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / Oct 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	**Dr. Chandra Iyer Prof. Dr. Michael O' Connor**	1	THE IMPACT OF COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS ON MENTAL HEALTH OUTCOMES IN URBAN POPULATIONS	. Helena Bergström Dr. Samuel Adeyemi Maria Gonzales
		2	EXPLORING THE ROLE OF SOCIAL WORKERS IN ADDRESSING DOMESTIC VIOLENCE IN MULTICULTURAL SETTINGS	Ahmed Al-Mutairi Dr. Fiona MacLeod Ricardo Fernandez
		3	SOCIAL WORK APPROACHES TO SUPPORTING REFUGEE CHILDREN IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS	Noor El-Sayed Tomislav Novak Dr. Lian Zhang
		4	THE EFFECTIVENESS OF ELDERLY CARE PROGRAMS IN PROMOTING SOCIAL INCLUSION AND WELL-BEING	Dr. Aisha Khan Prof. Dr. Jean-Pierre Leblanc
		5	ADDRESSING SUBSTANCE ABUSE THROUGH HOLISTIC SOCIAL WORK INTERVENTIONS	Dr. Layla Hassan Prof. Dr. Carlos Rivera
		6	THE ROLE OF SOCIAL WORK IN COMBATING YOUTH HOMELESSNESS IN MAJOR CITIES	Dr. Keiko Tanaka Daniel Mwangi
		7	INTEGRATING TECHNOLOGY IN SOCIAL WORK PRACTICES FOR REMOTE COMMUNITIES	Anika Johansson Dr. Mariana Costa
		8	SOCIAL WORK STRATEGIES FOR PROMOTING MENTAL HEALTH IN POST-CONFLICT SOCIETIES	Assoc. Prof. Dr. Abdul Rahman Dr. Sofia Marques Tom Havers
		9	THE INFLUENCE OF CULTURAL COMPETENCY TRAINING ON SOCIAL WORK EFFECTIVENESS	Dr. Chandra Iyer Prof. Dr. Michael O'Connor

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Doç. Dr. NİYAZİ GÜMÜŞ**	1	COĞRAFİ İŞARETLİ ÜRÜNLER VE BOLU: KAVRAMSAL BİR İNCELEME	Doç. Dr. NİYAZİ GÜMÜŞ
		2	ÖNLİSANS ÖĞRENCİLERİN İSTİHDAM DURUMLARININ İNCELENMESİ 2021- 2023	Doç. Dr. NİYAZİ GÜMÜŞ
		3	MESLEK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN İŞ BULMA KAYGI DÜZEYLERİNİN VE KAYGILARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI	ASLIHAN EYREK Doç. Dr. NİYAZİ GÜMÜŞ
		4	MYO ÖĞRENCİLERİNİN ÖN LİSANS PROGRAMLARINI TERCİH ETME NEDENLERİNİN İNCELENMESİ	ATAKAN UYSAL Doç. Dr. NİYAZİ GÜMÜŞ
		5	PARALLELS BETWEEN BRAND LOYALTY AND PORTFOLIO COMMITMENT: A BEHAVIORAL EXAMINATION	Dr. Kader EROL Doç. Dr. Sezen GÜNGÖR
		6	DIGITALIZATION, CROSS-MEDIA TRANSFORMATION AND NEW ADVERTISING PARADIGMS: SUMMARY	Doç. Dr. Sezen GÜNGÖR Dr. Kader EROL
		7	EXAMINING THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE LONELINESS STIGMA AND SOCIAL-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS	Assoc. Dr. Yusuf ÖCEL Assoc. Dr. Hakan Tahiri MUTLU
		8	RENEWABLE–FOSSIL SUBSTITUTION IN EU-27 POWER GENERATION: SHORT- AND LONG-RUN ELASTICITIES VIA ARDL/VECM	Assoc. Dr. Hakan Tahiri MUTLU Assoc. Dr. Yusuf ÖCEL

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assist. Prof. Dr. Fatma Türüç-Seraj**	1	The Behavioral Pattern of Stock Market Index and Covid-19 Crisis: Case Study G20 Stock Market Indices	Agbortoko Agbortoko Egbe Mehdi Seraj Nigar Taspinar
		2	DECONSTRUCTING THE MYTH OF SAUDI–ISRAELI RAPPROCHEMENT: A WIKILEAKS DOCUMENT ANALYSIS	Seyed Hadi Borhani
		3	EXPLORING THE ECONOMIC DETERMINANTS OF CARBON EMISSIONS IN SOUTH AFRICA: THE ROLES OF LABOR, GLOBALIZATION, AND TRADE	Assist. Prof. Dr. Fatma Türüç-Seraj
		4	WHY IS THE OSCE INTERESTED IN THE POLITICAL LIFE OF ITS MEMBERS?	Dr., Selçuk KAHRAMAN
		5	DEVLET MEMURLARININ YARIM ZAMANLI ÇALIŞMA HAKKI	Dr. Serkan DEMİRTAŞ

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Öğr. Üyesi ELVAN KİREMİTÇİ CANİÖZ**	1	İYİ OLUŞ TEMELLİ ATÖLYE ÇALIŞMASININ ETKİLİLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME: RİGA ÖRNEĞİ	Dr. Öğr. Üyesi ELVAN KİREMİTÇİ CANİÖZ
		2	THE ROLE OF ART IN THE INTEGRATION PROCESS OF MIGRANTS: INTERCULTURAL INTERACTION AND BELONGING	Master's Student Aslıhan UYAR
		3	Do Immigrants Differ from Residents in Health-Related Behaviours? Evidence from Syrian and Turkish Women in Türkiye	Asst. Prof. Hasan Giray Ankara Asst. Prof. Hakan Değerli
		4	MAHALLEDE ADALET VAR MI? MEKÂNSAL EŞİTSİZLİKLERİN SOSYAL HİZMET PERSPEKTİFİNDEN İNCELENMESİ	Dr. Öğr. Üy., Necati Buğra KUDDAŞ Dr., Aykut Can DEMİREL
		5	EKRANLARIN ARASINDA BÜYÜMEK: DİJİTAL ÇOCUKLUKTA RİSKLER VE SOSYAL HİZMET– AİLE ODAKLI MÜDAHALE ÖNERİSİ	Dr. Öğr. Üy., Necati Buğra KUDDAŞ Dr., Aykut Can DEMİREL
		6	UNEMPLOYMENT, EMPLOYMENT, AND LABOR FORCE PARTICIPATION AMONG WOMEN IN DIFFERENT AGE GROUPS: A STUDY ON THE TRA2	Dr. Cemalettin LEVENT Dr. Öğr. Üyesi Ahmet USANMAZ

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Assoc. Prof. Dr. Mehmet MUTLU**	1	YAYLA KÜLTÜRÜNÜN MEKANSAL DÖNÜŞÜMÜ VE DESTİNASYON İMAJI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BEKTAŞ YAYLASI ÖRNEĞİ	Dr. Elanur MUTLU
		2	NÖROGASTRONOMİ VE SAĞLIK: DUYUSAL ALGININ KLİNİK VE BESLENME BİLİMLERİNE YANSIMALARI	Esra Merve Öztürk Dr. Öğr. Üyesi Zehra YARDI
		3	SAFRANBOLU NAMAZGAHS	Assoc. Prof. Dr. Mehmet MUTLU
		4	AN INTERPRETATION OF ARCHITECTURAL PROJECT PRACTICES IN THE OTTOMAN PROVINCES THROUGH THE 1898 BALIKESİR EXAMPLES	Assoc. Prof. Dr. Mehmet MUTLU
		5	BLOOD, SWEAT, AND TEARS: AN ANALYSIS OF CONTEMPORARY AMERICAN SPORTS FILMS	Doç.Dr.Hilal Süreyya Yılmaz
		6	SPORDA TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI VE BAĞIMLILIK EĞİLİMLERİ	Uzm. ATA KIRMIZIER Prof. Dr. YELİZ ERATLI ŞİRİN
		7	SPOR VE EGZERSİZ PSİKOLOJİSİNDE KİŞİLİK YAKLAŞIMLARI	Prof. Dr. Arslan KALKAVAN Arş. Gör. Özhan Can YILMAZ

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Prof. Dr. Rania Kassem,**	1	THE EFFECT OF PROBIOTIC ENRICHMENT ON FERMENTED BEVERAGE MICROBIOLOGY	Layla Haddad, Dr. Karim Saab, Nour El-Hayek
		2	ADVANCEMENTS IN NON-THERMAL FOOD PRESERVATION TECHNOLOGIES	Assoc. Prof. Dr. Yasmine Bensalem, Omar Aloui, Hocine Charef
		3	SUSTAINABLE SOURCING AND PROCESSING OF SEAFOOD PRODUCTS FOR GLOBAL MARKETS	Mary Grace Santos, Bianca Cruz Assoc. Prof. Dr. Miguel Reyes,
		4	INFLUENCE OF PLANT EXTRACTS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS	Prof. Dr. Rania Kassem,
		5	APPLICATION OF BIOINFORMATICS IN FOOD ENGINEERING FOR FLAVOR PREDICTION	Dr. Kamran Shafiei,
		6	DEVELOPMENT OF LOW-CALORIE SWEETENERS WITH ENHANCED FUNCTIONALITY	Abdelkader Benyahia,
		7	EFFECTS OF HIGH-PRESSURE PROCESSING ON VITAMIN AND MINERAL RETENTION IN FRUITS	Prof. Dr. Naveed Shah, Asif Iqbal
		8	INNOVATIVE FERMENTATION STRATEGIES FOR THE PRODUCTION OF VEGAN CHEESE	Sohail Ahmed, Fatima Noor, Assoc. Prof. Dr. Danish Malik Elias Fares

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Olumide Adesanya**	1	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN PREDICTIVE MODELS FOR HEALTHCARE DIAGNOSTICS	Assoc. Prof. Dr. Rustam Alimov Dilnoza Karimova
		2	DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR REAL-TIME TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS	Prof. Dr. Talant Usubaliev Meerim Sadykova Assoc. Prof. Dr. Aibek Ergeshev
		3	OPTIMIZATION OF CLOUD COMPUTING INFRASTRUCTURES USING AI ALGORITHMS	Aziza Makhmudova Prof. Dr. Jahongir Rasulov
		4	ENHANCING CYBERSECURITY THROUGH MACHINE LEARNING-BASED INTRUSION DETECTION	Assoc. Prof. Dr. Soronai Kubatbekova Aijan Tursunova Prof. Dr. Bekzat Mamatkulov Aibek Doolmatov
		5	INTELLIGENT DATA MINING METHODS FOR FINANCIAL FRAUD DETECTION	Assoc. Prof. Dr. Ioana Popescu Mihai Radu
		6	AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEMS CONTROLLED BY NEURAL NETWORKS	Assoc. Prof. Dr. Olumide Adesanya
		7	AI-BASED NATURAL LANGUAGE PROCESSING FOR MULTILINGUAL TRANSLATION	Assoc. Prof. Dr. Leyla Mammadova Samir Hasanov
		8		

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**K.POOJA**	1	STUDY ON THE MOLECULAR INTERACTIONS OF PYRAZOLINE DERIVATIVES WITH SARS-COV-2 MAIN PROTEASE (Mpro)	Zineb OUAHDI Hassan EL ALAOUI EL ABDALLAOUI Amine ZEROUAL
		2	EFFECTS OF OCTENYL SUCCINIC ANHYDRIDE (OSA) MODIFIED STARCH ON THE RHEOLOGICAL AND PARTICLE SIZE PROPERTIES OF XANTHAN GUM SOLUTIONS	Imene BOULHAIA Abdelkader HADJSADOK Nadji MOULAI-MOSTEFA Ali AOUABED
		3	NUTRACEUTICALS: BRIDGING THE GAP BETWEEN NUTRITION AND MEDICINE	Ana-Lucia BLENDEA Alin CIOBICA Ioan GOTCA Andreea GHERASIM
		4	NANOMATERIAL-ENHANCED TRANSDERMAL DELIVERY SYSTEMS FOR TREATING DERMATOLOGICAL CONDITIONS	Babita GUPTA
		5	A COMPREHENSIVE REVIEW OF HERBAL MEDICINAL DRUGS AND THEIR PHARMACOLOGICAL EFFECTS	K.POOJA
		6	CYTOLOGICAL AND MOLECULAR ANALYSIS OF SPUTUM SAMPLES FROM TUBERCULOSIS SUSPECTS IN WUA SETTLEMENT, NASARAWA STATE	Utume A. WILSON Daramola E. FUNKE James O. ADISA Solomon M. GAMDE
		7	KNOWLEDGE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH INTRAEPITHELIAL LESIONS AMONG CHILD-BEARING WOMEN IN JOS, NIGERIA	Selji YAKCIT James O. ADISA Solomon M. GAMDE
		8		

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Dr. Nino Beridze**	1	PSYCHOLOGICAL IMPACT AND PROJECT OUTCOMES: A MODERATED MEDIATION ANALYSIS IN CONSTRUCTION INDUSTRY	Maria Petrova
		2	YOLOv8-BASED AUTOMATED PAVEMENT CRACK IDENTIFICATION USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES	Assoc. Prof. Dr. Sophie JORIO
		3	THERAPEUTIC COUCH DYNAMICS IN MODERN PSYCHOTHERAPY PRACTICES	Andrei Popescu
		4	SUSTAINABLE IRRIGATION METHODS INCORPORATING ANTI-EROSION MEASURES	Dr. Nino Beridze
		5	EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON CONCRETE STRENGTH WITH CEMENT PARTIALLY REPLACED BY BLACK CARBON AND TiO2 ADDITIVES	Ravi Kumar
		6	ASSESSING THE IMPACT OF UNREGULATED SOLID WASTE MANAGEMENT IN KADUNA URBAN AREAS	Chinedu Okafor
		7	DESIGN STRATEGIES FOR ENERGY-EFFICIENT HOUSING IN LOW-INCOME COMMUNITIES	Dr. Fatima Abiola
		8		

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Dr. Laila Hassan**	1	QUANTUM ENTANGLEMENT AND THE EXPANDING COSMOS: A THEORETICAL EXPLORATION	Amit Sharma
		2	MICROWAVE-ASSISTED SYNTHESIS AND ANALYSIS OF CARBON NANOTUBES FROM AGRICULTURAL WASTE	Dr. Laila Hassan
		3	DEVELOPMENT OF MAGNETIC SILICA-CHITOSAN NANOCOMPOSITES FOR EFFICIENT WASTEWATER REMEDIATION	Fatima Yusuf, Ahmed Khan, Sara Malik
		4	ENHANCED ITERATIVE METHODS FOR SOLVING ELLIPTIC PDES: A NOVEL PARAMETRIC APPROACH	Chinedu Okafor, Amina Bello
		5	FIRST-PRINCIPLES COMPUTATIONAL STUDY OF SR-BASED HYDRIDE PEROVSKITES FOR HYDROGEN STORAGE	Yousef Al-Mansouri, Layla Rahimi
		6	THE INTERPLAY OF SPORTS AND POPULAR CULTURE: HISTORICAL PERSPECTIVES AND CONTEMPORARY INSIGHTS	Dr. Reza Farhadi, Assis.Prof. Dr. Neda Karimi
		7	PRE-SERVICE TEACHERS' PERCEPTIONS AND MOTIVATIONS TOWARD AI INTEGRATION IN PHYSICS EDUCATION	Halima Ibrahim, Musa Abdullahi
		8	VIRTUAL LABORATORIES IN SCIENCE EDUCATION: IMPACT ON TEACHERS' USABILITY PERCEPTIONS AND STUDENT SKILL DEVELOPMENT	Amina Bello, Ibrahim Musa

EU 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES October 24 - 26, 2025 SARAJEVO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / Oct 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	**Olufemi Adewale**	1	OPTIMIZATION OF SOLAR ENERGY HARVESTING SYSTEMS USING MONTE CARLO SIMULATIONS	Ahmed El-Sayed, Fatima Hassan, Omar Khalil
		2	REMOTE SENSING-BASED SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF URBAN EXPANSION IN CASABLANCA (MOROCCO): ENVIRONMENTAL IMPACTS	Nadia Benali, Youssef El-Mahdi
		3	EVALUATION OF GAMMA-RAY AND NEUTRON DISCRIMINATION TECHNIQUES IN SCINTILLATION DETECTORS	John O. Adeyemi, Chinedu Nwosu, Amina Yusuf
		4	MATHEMATICAL MODELING OF OXYGEN TRANSPORT IN HUMAN CIRCULATORY SYSTEM	Chinedu Nwosu, Amina Yusuf
		5	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BAMBOO WOOD NANOFIBERS AND THEIR PHOTODEGRADATION EFFECTS ON DYES	Sara El-Mansouri, Rachid Bennis
		6	EXPERIMENTAL AND PROBABILISTIC STUDY ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF 3D-PRINTED CONDUCTIVE POLYMERS	Olufemi Adewale, Kemi Olatunji
		7	ANALYSIS OF LAST-MILE TRANSPORTATION ISSUES FACED BY AIRPORT PASSENGERS IN NIGERIA	Kehinde Azeezat Shodipo, Abdul-Rahman Taiwo Ajala

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Contents

MAKİNE ÖĞRENİMİ İLE YAPISAL EKONOMETRİ ARASINDAKİ BAĞLANTI VE FARK 1

YÜKSEK BOYUTLU PANEL VERİ ANALİZİNDE MODEL SEÇİMİ: KLASİK MODELLEME VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMI 12

DERİN ÖĞRENME İLE SES TABANLI DUYGU TANIMA: HİBRİT CNN–LSTM YAKLAŞIMI 20

ÇOK ARALIKLI BİR STURM-LİOUVİLLE SINIR DEĞER PROBLEMİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA TEOREMLERİ 33

PERİYODİK SINIR ŞARTLARI İÇEREN BİR STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN GREEN FONKSİYONU YÖNTEMİ İLE SPEKTRAL ANALİZİ 40

ROMATOLOJİK HASTALIKLARDA PSİKOLOJİK STRES VE KRONİK AĞRININ EPİGENETİK İZLERİ: JUVENİL İDİYOPATİK ARTRİT (JIA) VE AİLEVİ AKDENİZ ATEŞİ (AAA) ÜZERİNE BİR DERLEME 46

OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞUNDA DUYGUSAL REGÜLASYON, REZİLYANS VE GENETİK-EPİGENETİK ETKİLEŞİMLERİN BÜTÜNCÜL İNCELEMESİ 54

A GIANT ADRENOCORTICAL CARCINOMA PRESENTING AS POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: A CASE REPORT 62

THE INHIBITORY ROLE OF EPICATECHIN, A THERAPEUTIC TARGET AS AN ANTIMICROBIAL AGENT, ON THE GROWTH OF THE BACTERIAL STRAINS 69

ÇEVRESEL BELİRLEYİCİLER VE İNSAN SAĞLIĞI 82

YAŞLI BİREYLERİN UYKU SAĞLIĞINI GELİŞTİRMEYE YÖNELİK MÜDAHALELER: LİTERATÜR DERLEMESİ 92

TİP 2 DİYABETLİ YAŞLI BİREYLERDE SOSYAL DESTEĞİN DİYABET YÖNETİMİNE ETKİSİ 115

TİP 2 DİYABETLİ YAŞLI BİREYLERDE ÖZ BAKIM VE İLİŞKİLİ FAKTÖRLER 123

İMALAT SEKTÖRÜ ÇALIŞANLARINDA TOZ MARUZİYETİNE BAĞLI MESLEK HASTALIĞININ ANALİZİ 132

WATER RETENTION AND OIL RETENTION CAPACITIES OF PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED FROM MEAT TRIMMING WASTES UNDER DIFFERENT PROCESS CONDITIONS 144

USE OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS IN MILK AND DAIRY PRODUCTS 154

KENTSEL TASARIMDA OCEAN METODUNUN KULLANIM POTANSİYELİ 164

VERİDEN KARARA: DİJİTAL İKİZ TEKNİĞİ İLE KARAR VERME SÜRECİ 173

KENTSEL ARTIK ZAMAN PEYZAJLARI: İSTANBUL'DA MİKRO BOŞ ZAMANLARIN ESTETİK VE TASARIM POTANSİYELİ 182

THE ROLE OF AUDITORY LANDSCAPE EXPERIENCE IN LANDSCAPE ARCHITECTURE IN URBAN AREAS 196

ECOLOGICAL AND CULTURAL LANDSCAPE VALUE OF THE PUQUIOS, THE ANCIENT HYDRAULIC SYSTEM OF THE NASCA CIVILIZATION 209

TOXICITY OF NITRITE AND NITRATE SALTS USED IN ANIMAL PRODUCTS 218

RESIDUES AND RESISTANCE OF FLUOROQUINOLONE DRUGS IN THE POULTRY PRODUCTION CHAIN: CURRENT FINDINGS AND RISK ASSESSMENT 225

ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS: MECHANISMS, ORGAN-SPECIFIC EFFECTS, AND THE PROTECTIVE ROLE OF ANTIOXIDANTS AGAINST TOXIC AGENTS 232

APPLICATION OF INTEGRATED FIXED-FILM ACTIVATED SLUDGE (IFAS) IN WASTEWATER TREATMENT 240

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SUPPORTING ELECTROLYTES ON THE TREATMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE LEACHATE BY ELECTROCOAGULATION 249

BOĞAZKERE, ASMALIK VE AŞIK BEYAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNE AİT MEYVE ÖRNEKLERİNİN ANTİBİYOFİLM ETKİ POTANSİYELİ 261

SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF NEW AZABENZIMIDAZOLE DERIVATIVE COMPOUNDS 268

HEDEF BALİSTİĞİ ANALİZİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEM KULLANIMI 280

BEYAZ FOSFOR SİS MÜHİMMATININ AYIRMA VE AYIKLAMA YAPILABİLİRLİĞİ 289

BEYAZ FOSFORUN TOKSİKOLOJİK ETKİLERİ 298

FARKLI ORTAM SICAKLIKLARINDA YÜKSEK BASINÇLI METAN DEPOLAMA SÜRECİNİN DİNAMİK MODELLEMESİ 305

STRUCTURAL ANALYSIS AND EXPERIMENTAL VALIDATION USING A DUMMY MODEL OF EQUIPMENT DESIGNED FOR THE SPACE ENVIRONMENT 312

EVALUATION OF COLOR AND FASTNESS PROPERTIES OF NATURAL DYED FABRICS USING *TERMINALIA CHEBULA* BIOMORDANT 321

KENTSEL KATI ATIKLARIN YÖNETİMİ VE BİYOGAZ ÜRETİMİ 331

ENERGY PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTES: CONVERSION METHODS AND GLOBAL TRENDS 347

HAYVANSAL ATIKLARIN YÖNETİMİ VE ENERJİYE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ 373

AIOT-ENABLED DEEP LEARNING SYSTEM FOR MOTOR HEALTH PREDICTION 390

MORFOLİN TÜREVLİ KALKONLARIN SENTEZİ VE YAPILARININ AYDINLATILMASI 412

IMPLEMENTING TELEHEALTH IN RURAL AND REMOTE COMMUNITIES FOR PRIMARY CARE 414

ASSESSMENT OF PAIN MANAGEMENT PRACTICES IN PEDIATRIC CARE UNITS ACROSS MIDDLE EASTERN COUNTRIES 415

THE ROLE OF NURSES IN CHRONIC DISEASE MANAGEMENT: A CROSS-COUNTRY STUDY IN THE MIDDLE EAST 416

EVALUATION OF NURSING EDUCATION CURRICULA IN THE MIDDLE EAST: ALIGNMENT WITH GLOBAL HEALTHCARE NEEDS AND CULTURAL CONTEXTS 417

MODAL DAMPING EFFECT IN ECCENTRICALLY BRACED FRAMES UNDER PULSE-TYPE GROUND MOTIONS 418

B-1,4-ENDOGLUKANAZ (EC 3.2.1.4) ENZİMİNİN PROTEİN MÜHENDİSLİĞİ İLE GELİŞTİRİLMESİ 419

IMPROVING OF B-1,4-ENDOGLUCANASE THROUGH PROTEIN ENGINEERING STRATEGIES 420

CRYPHONECTRIA PARASITICA İNULİNAZININ REKOMBİNANT ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU 421

RECOMBINANT PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF *CRYPHONECTRIA PARASITICA* INULINASE 422

AMMONIUM REMOVAL BY ANOXIC NITRIFICATION-DENITRIFICATION BASED ON BIOGENEIC MANGANESE OXIDE IN A SEQUENCED BATCH REACTOR 423

PARTIAL GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE DEFICIENCY IN AN INFANT PRESENTING WITH HEMOLYTIC ANEMIA: A CASE REPORT 424

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EVALUATION OF HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE (G6PDH) ACTIVITY IN WISTAR RATS 425

BİR ÜRETKEN YAPAY ZEKA MODELİ OLAN CHATGPT'NİN ETİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 426

ELEKTROENSEFELORAFİ VE ELEKTROKARDİYOGRAFİ SİNYALLERİ KULLANILARAK EPİLEPSİ NÖBETLERİNİN YAPAY ZEKA İLE TAHMİN EDİLMESİ 428

VIRTUAL BIOLOGY LABORATORY FOR ENHANCED STUDENT LEARNING 430

INTEGRATING ONLINE LABORATORIES INTO SECONDARY BIOLOGY EDUCATION IN KAZAKHSTAN 431

BIOLOGICALLY INSPIRED REACTIVE AGENT MODELING USING X-MACHINES 432

CRYPTOGENIC FRESHWATER FISH BIODIVERSITY IN BANGLADESH 433

UNIFIED MODELS IN GENOME REARRANGEMENT AND SORTING PRIMITIVES IN BIOINFORMATICS .. 434

MOLECULAR IDENTIFICATION AND DIVERSITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PESTS USING DNA BARCODING 435

ADVANCED MICROFLUIDIC TECHNIQUES FOR BIOMEDICAL AND BIOHEALTH APPLICATIONS 436

ELITE SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT STRATEGIES: INTEGRATING GREEN SPACES AND SMART INFRASTRUCTURE 437

REVITALIZING HISTORIC CITY CENTERS THROUGH CONTEMPORARY LANDSCAPE DESIGN AND COMMUNITY ENGAGEMENT 438

ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN MODERN ARCHITECTURE FOR ENERGY EFFICIENCY 439

BIODIVERSITY-FOCUSED URBAN PARK DESIGN: PROMOTING ECOLOGICAL CORRIDORS AND HABITAT RESTORATION 440

SMART MOBILITY AND INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING IN FUTURE CITIES 441

ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLIMATE CHANGE: RESILIENT STRUCTURES AND FLOOD MANAGEMENT STRATEGIES 442

CULTURAL LANDSCAPES AND URBAN IDENTITY: PRESERVATION, ADAPTATION, AND COMMUNITY PARTICIPATION 443

OPTIMIZING RESOURCE ALLOCATION IN DYNAMIC NETWORKS USING HEURISTIC METHODS 444

DEEP LEARNING-DRIVEN ANALYSIS FOR EARLY DETECTION OF CROP STRESS 445

COSMIC INFLATION AND THE ROLE OF QUANTUM VACUUM FLUCTUATIONS 448

EXTENDED RÉNYI ENTROPY AND APPLICATIONS IN COMPLEX SYSTEMS 449

EXACT ANALYTICAL SOLUTION OF THIRD ORDER NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS 450

APPLICATION OF MULTIVARIATE REGRESSION MODELS FOR ECONOMIC TREND PREDICTION: ANALYZING THE IMPACT OF ENERGY PRICES, NATIONAL OUTPUT, AND GDP GROWTH 451

DIFFERENTIATION OF GENE EXPRESSION PROFILES IN LIVER AND KIDNEY TISSUES OF PIGS 452

DECISION TREES FOR PREDICTING RISK OF MORTALITY USING ROUTINELY COLLECTED DATA 453

SELENIUM LEVELS IN AGRICULTURAL SOILS AND CROPS OF THE BALKAN REGION 454

MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION 455

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MODELING THE COMPLEX RELATIONSHIP BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION 456

PRELIMINARY ANALYSIS OF REAL-TIME HAND MOVEMENT RECOGNITION FOR UPPER-LIMB PROSTHETICS BASED ON ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS 457

ADVANCED SIMULATION PLATFORM FOR MEDICAL IMAGE FUSION AND LEARNING 458

THE EFFECT OF PROBIOTIC ENRICHMENT ON FERMENTED BEVERAGE MICROBIOLOGY 459

ADVANCEMENTS IN NON-THERMAL FOOD PRESERVATION TECHNOLOGIES 460

SUSTAINABLE SOURCING AND PROCESSING OF SEAFOOD PRODUCTS FOR GLOBAL MARKETS 461

INFLUENCE OF PLANT EXTRACTS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS ... 462

APPLICATION OF BIOINFORMATICS IN FOOD ENGINEERING FOR FLAVOR PREDICTION 463

DEVELOPMENT OF LOW-CALORIE SWEETENERS WITH ENHANCED FUNCTIONALITY 464

EFFECTS OF HIGH-PRESSURE PROCESSING ON VITAMIN AND MINERAL RETENTION IN FRUITS 465

INNOVATIVE FERMENTATION STRATEGIES FOR THE PRODUCTION OF VEGAN CHEESE 466

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN PREDICTIVE MODELS FOR HEALTHCARE DIAGNOSTICS 467

DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR REAL-TIME TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS 468

OPTIMIZATION OF CLOUD COMPUTING INFRASTRUCTURES USING AI ALGORITHMS 469

ENHANCING CYBERSECURITY THROUGH MACHINE LEARNING-BASED INTRUSION DETECTION 470

INTELLIGENT DATA MINING METHODS FOR FINANCIAL FRAUD DETECTION 471

AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEMS CONTROLLED BY NEURAL NETWORKS 472

AI-BASED NATURAL LANGUAGE PROCESSING FOR MULTILINGUAL TRANSLATION 473

STUDY ON THE MOLECULAR INTERACTIONS OF PYRAZOLINE DERIVATIVES WITH SARS-COV-2 MAIN PROTEASE (Mpro) 474

EFFECTS OF OCTENYL SUCCINIC ANHYDRIDE (OSA) MODIFIED STARCH ON THE RHEOLOGICAL AND PARTICLE SIZE PROPERTIES OF XANTHAN GUM SOLUTIONS 475

NUTRACEUTICALS: BRIDGING THE GAP BETWEEN NUTRITION AND MEDICINE 476

NANOMATERIAL-ENHANCED TRANSDERMAL DELIVERY SYSTEMS FOR TREATING DERMATOLOGICAL CONDITIONS 477

A COMPREHENSIVE REVIEW OF HERBAL MEDICINAL DRUGS AND THEIR PHARMACOLOGICAL EFFECTS 478

CYTOLOGICAL AND MOLECULAR ANALYSIS OF SPUTUM SAMPLES FROM TUBERCULOSIS SUSPECTS IN WUA SETTLEMENT, NASARAWA STATE 479

KNOWLEDGE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH INTRAEPITHELIAL LESIONS AMONG CHILD-BEARING WOMEN IN JOS, NIGERIA 480

PSYCHOLOGICAL IMPACT AND PROJECT OUTCOMES: A MODERATED MEDIATION ANALYSIS IN CONSTRUCTION INDUSTRY 481

YOLOV8-BASED AUTOMATED PAVEMENT CRACK IDENTIFICATION USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES 482

THERAPEUTIC COUCH DYNAMICS IN MODERN PSYCHOTHERAPY PRACTICES 483

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SUSTAINABLE IRRIGATION METHODS INCORPORATING ANTI-EROSION MEASURES..... 484

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON CONCRETE STRENGTH WITH CEMENT PARTIALLY REPLACED BY BLACK CARBON AND TiO2 ADDITIVES..... 485

ASSESSING THE IMPACT OF UNREGULATED SOLID WASTE MANAGEMENT IN KADUNA URBAN AREAS 486

DESIGN STRATEGIES FOR ENERGY-EFFICIENT HOUSING IN LOW-INCOME COMMUNITIES..... 487

DEVELOPMENT OF MAGNETIC SILICA-CHITOSAN NANOCOMPOSITES FOR EFFICIENT WASTEWATER REMEDIATION 490

ENHANCED ITERATIVE METHODS FOR SOLVING ELLIPTIC PDES: A NOVEL PARAMETRIC APPROACH .. 491

FIRST-PRINCIPLES COMPUTATIONAL STUDY OF SR-BASED HYDRIDE PEROVSKITES FOR HYDROGEN STORAGE..... 492

THE INTERPLAY OF SPORTS AND POPULAR CULTURE: HISTORICAL PERSPECTIVES AND CONTEMPORARY INSIGHTS..... 493

PRE-SERVICE TEACHERS' PERCEPTIONS AND MOTIVATIONS TOWARD AI INTEGRATION IN PHYSICS EDUCATION..... 494

VIRTUAL LABORATORIES IN SCIENCE EDUCATION: IMPACT ON TEACHERS' USABILITY PERCEPTIONS AND STUDENT SKILL DEVELOPMENT 495

OPTIMIZATION OF SOLAR ENERGY HARVESTING SYSTEMS USING MONTE CARLO SIMULATIONS..... 496

REMOTE SENSING-BASED SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF URBAN EXPANSION IN CASABLANCA (MOROCCO): ENVIRONMENTAL IMPACTS..... 497

EVALUATION OF GAMMA-RAY AND NEUTRON DISCRIMINATION TECHNIQUES IN SCINTILLATION DETECTORS 498

MATHEMATICAL MODELING OF OXYGEN TRANSPORT IN HUMAN CIRCULATORY SYSTEMi..... 499

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BAMBOO WOOD NANOFIBERS AND THEIR PHOTODEGRADATION EFFECTS ON DYES..... 500

EXPERIMENTAL AND PROBABILISTIC STUDY ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF 3D-PRINTED CONDUCTIVE POLYMERS..... 501

ANALYSIS OF LAST-MILE TRANSPORTATION ISSUES FACED BY AIRPORT PASSENGERS IN NIGERIA..... 502

IMPACT OF TELEHEALTH IMPLEMENTATION ON MATERNAL AND NEWBORN HEALTH OUTCOMES IN RURAL MIDDLE EASTERN COMMUNITIES 503

STRATEGIES TO ENHANCE MENTAL HEALTH SUPPORT FOR PREGNANT AND POSTPARTUM WOMEN IN MIDDLE EASTERN HEALTHCARE SETTINGS..... 504

FUNDA (*CALLUNA VULGARİS* L.) YAPRAĞI İLE YÜNLÜ KUMAŞLARIN RENKLENDİRİLMESİ..... 505

BİYO MATERYALLER İLE TEKSTİL BOYAMACILIĞI İÇİN ÇEVRE DOSTU BİR YAKLAŞIM 512

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MAKİNE ÖĞRENİMİ İLE YAPISAL EKONOMETRİ ARASINDAKİ BAĞLANTI VE FARK

Prof. Dr. M. Kenan TERZİOĞLU

Trakya Üniversitesi, kenanterzioglu@trakya.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6053-830X

Mehmet Ali YÜCEL

Trakya Üniversitesi, maliyucel@trakya.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-5474-3307

ÖZET

Sezgisel programlama temeline dayanan yapay zeka; uzman sistemler, bulanık mantık yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi ve genetik algoritmalardan oluşmaktadır. Yapay zeka ile ilişkili olan makine öğrenimi, açık talimatlar kullanmadan bilgisayar sistemlerinin test ve deneme işlemleriyle belirli bir görevi gerçekleştirmek ve otomatik olarak öğrendikten sonra geliştirmek için kullanılan algoritmaları ve istatistiksel modelleri içinde barındırmaktadır. Makine öğreniminde öğrenme stratejileri; denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli olmak üzere ayrılmaktadır. Denetimli öğrenmede, bir grup girdi değerine karşılık hedef değerleri verilmekte ve aradaki ilişkinin öğrenilmesiyle hedef değerlere en yakın çıktılar üretilmektedir. Denetimsiz öğrenmede hedef değerleri bulunmamakta ve girdi değerleri arasındaki ilişki araştırılarak kümeleme yapılmaktadır. Pekiştirmeli öğrenme yönteminde ise elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık gelen iyi/kötü olarak değerlendirilen kriter ele alınmaktadır. Yapısal ve yapısal olmayan olarak sınıflandırılabilen ekonometrik yaklaşımlar, ekonomik olgunun nicel çözümlenmesi aşamasında kullanılmaktadır. Yapısal ekonometri, bireysel, firma ve örgütsel davranışın ekonomik teorilerinin ve modellerinin çıkarımı ve test edilmesi için yöntemlerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Büyük veri yığınlarındaki bilginin ortaya çıkarılmasında geleneksel istatistiksel yöntemlerin yetersiz kalması sonucu makine öğrenimi ön plana çıkmaktadır. Verilerin katma değer sağlaması için gerçekleştirilecek işleme aşamalarında geleneksel yöntemler ile analizi yapılamayan ve yönetilemeyecek kadar büyük miktardaki veri setleri olarak tarif edilen büyük veri, hacim, hız, çeşitlilik, doğrulama, değer, gerçeklik, oynaklık, geçerlilik, hassaslık, değişkenlik ve görselleştirme kavramları ile betimlenmektedir. Makine öğrenmesi ile ekonometri amaçları ve kullanılan araçlar bakımından benzerliğe sahip olmasına rağmen, yaklaşımlarda farklılar bulunmaktadır. Makine öğrenmesinin kestirim ve öngörü problemlerinde faydalı olmakla birlikte; nedensel yorumlamalarda sonuca ulaşmak güçleşmektedir. Çalışma kapsamımda, makine öğrenimi tekniklerinin kullanımı ile yapısal ekonometrinin fayda ve hedeflerin geliştirilme ölçüsü ele almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, Yapısal Ekonometri, Modelleme

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

GİRİŞ

Günümüzde ekonomik karar verme süreçleri, birey/kurum açısından karmaşık, belirsiz ve çok boyutlu bir yapı sergilemektedir. Bu durumda ortaya çıkan dinamik yapı, geçmiş dönem verilere dayalı analizlerin yanı sıra öngörüye/tahmine yönelik karşı-olgusal senaryoların, politik etkilerin ve normatif çıkarımların da değerlendirilmesi gereken gelişmiş analitik araçlara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çerçevede, otonom olarak veri akışlarını öğrenen sonra ve istatistiksel modelleri içinde barındıran makine öğrenimi ve ekonometri alanın bir alt dalı olan yapısal ekonometri, ilgili karar verme süreçlerinin modellenmesinde ve analiz edilmesinde ön plana çıkmaktadır. Makine öğrenmesi, özellikle büyük/yüksek boyutlu veri kümelerinde öngörü/kestirim başarısını artırma, veri içerisindeki karmaşık ilişkileri öğrenme ve adaptif modeller geliştirme kapasitesiyle dikkat çekmektedir. Ek olarak, makine öğrenmesi, genellikle nedensellik, karşı-olgusal analiz ve normatif karar desteği üretme konularında sınırlı kalmaktadır. Diğer taraftan, yapısal ekonometri, ekonomik teorilerden türetilen amaç fonksiyonları, kısıtlar ve davranışsal kurallar çerçevesinde geliştirilen modeller aracılığıyla, insan davranışlarını nedensel bağlamda modellemeyi, politika önerileri geliştirmeyi ve refah etkilerini hesaplamayı amaçlamaktadır. Yapısal ekonometri, parametre tahmini, karar kurallarının modellenmesi ve karşı-olgusal politika simülasyonları ile normatif analizlerde güçlü bir çerçeve sunmaktadır. Her iki yaklaşım, boyutsallık sorunsalı, karar vericilerin amaç fonksiyonlarının ve çevrelerinin öğrenilmesi, hesaplama sınırlılıkları vb.gibi temel problemlerde sınırlarla karşılaşmaktadır. Gerçek dünyada karar vericilerin sınırlı bilgiye, işlem gücüne ve öngörü/kestirim kapasitesine sahip olduğundan, ilgili araçların sınırlı rasyonellik çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında, makine öğrenmesi ve yapısal ekonometri yaklaşımlarının, teorik temelleri, çıkarımsal yaklaşımları ve uygulama alanları itibariyle karşılaştırılmakta ve yüksek boyutlu dinamik karar problemleri bağlamında, her iki yöntemin güçlü-zayıf yönleri sistematik biçimde tartışılmaktadır. Hesaplama/modelleme olanağı sağlayan makine öğrenmesi ile yapısal ekonometri kavramlarının epistemolojik ve normatif bağlamda sentezleme motivasyonuyla birlikte oluşturulan çalışmada, iki kavram arasındaki etkileşime yönelik yeni yaklaşımlarım belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde makine öğrenmesi ve yapısal ekonometri kavramlarına yönelik bilgiler verilmekte, ikinci bölümünde sonuç ve önerilere değinilmektedir.

Yapay zeka

Canlı varlıkların çevresine yönelik olarak geliştirdiği akıllı davranışları ve problem çözme becerilerini yapay yollarla üretmeyi-modellemeyi amaçlayan yapay zeka çalışmaları, ilk aşamada bilişsel bilimler ile bilgisayar mühendisliği disiplinlerinin ortak ilgi alanı olarak ortaya çıkmakta, zamanla disiplinler arası araştırma alanına dönüşerek, bilimsel/teknolojik alanda uygulama olanağı bulmaktadır (Charniak, 1985). Bu kapsamda, insan beyninin işleyiş mekanizmalarının yanı sıra doğal sistemlerin örüntüleri, yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesinde temel referans noktaları olarak kullanılmakta ve modelleme sürecinde esas alınmaktadır. Günümüzde yapay zeka, tahmin, sınıflandırma, kümeleme, örüntü tanıma vb. gibi

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

analitik hedefler doğrultusunda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yapay zeka yöntemleri arasında, uzman sistemler, genetik algoritmalar, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi gibi teknikler yer almaktadır. İnsanın sahip olduğu zeka, öğrenme, karar alma ve problem çözme yetilerinin, insanın sinir sistemi, genetik yapısı ve diğer fizyolojik-nörolojik işleyiş biçimleri örnek alınarak, bilgisayarlara ve yazılım sistemlerine aktarılması sürecini ifade eden yapay zeka, insan gibi düşünebilen, insan gibi davranabilen, akılcı/rasyonel şekilde düşünebilen ve karar verebilen bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesini hedeflemektedir (Russel ve Norvig, 2016). Bu çerçevede, verilerden öğrenme yeteneği sayesinde dışsal bir müdahaleye gerek kalmadan kendi performansını geliştirebilen sistemlerin geliştirilmesine olanak tanıyan makine öğrenmesi, yapay zeka teknolojilerinin son evresi olarak kabul edilmektedir.

Yapay Sinir Ağları

İnsan beyninin temel işlev birimi olan nöronlar arasındaki bağlantıları biçimsel/işlevsel açıdan taklit etmeyi amaçlayan yapay sinir ağları, biyolojik sinir sisteminin basitleştirilmiş bir benzetimi olarak değerlendirilmektedir. Biyolojik sinir sisteminin matematiksel bir temsili şeklinde tanımlanan yapay sinir ağları, birbirine bağlı yapay nöronlardan oluşan ağlar aracılığıyla, canlı sinir sistemlerinin bilgiyi saklama, işleme ve kullanma özelliklerini taklit ederek insan benzeri karar alma ve muhakeme yetisine sahip yapay zeka sistemleri geliştirilmesini amaçlamaktadır. Yapay sinir ağlarında, girdi değerleri, her girdiye karşılık gelen ağırlıklar, toplama (birleştirme) fonksiyonu, aktivasyon (transfer) fonksiyonu ve elde edilen çıktı olmak üzere çeşitli bileşenlerden oluşan yapay sinir hücreleri (nöronlar) bulunmaktadır.

Yapay sinir hücreleri, girdi katmanı, çıktı katmanı ve gizli katman(lar) olmak üzere üç farklı katmandan oluşmaktadır (Haykin, 2009). Her bir katman, belirli sayıda nörondan oluşmaktadır. Girdi ve çıktı katmanlarındaki nöron sayısı, modele dahil edilen bağımlı/bağımsız değişkenlerin sayısı baz alınarak belirlenmektedir. Gizli katman sayısı ile her katmandaki nöron sayısı ise, modelin en yüksek doğrulukla çalışacağı şekilde, kullanıcının tercihine bağlı olarak yapılandırılmaktadır (Goodfellow vd., 2016).

Yapay sinir ağları, belirli bir veri kümesindeki desenleri ve ilişkileri öğrenerek, hedeflenen görevi yerine getirebilmek amacıyla genelleme yapabilme kabiliyeti kazanmakta ve bu süreç, ağın ilgili probleme ait örneklerle eğitilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Ağın öğrenme sürecinde, giriş verilerinin ağırlıkları ile çarpılarak toplanması sonucunda elde edilen net girdi, aktivasyon fonksiyonu yardımıyla işlenmekte ve nihayetinde çıktı katmanında modelin ürettiği sonuç olarak elde edilmektedir (Nielsen, 2015). Modelde yer alan bilgi, katmanlar ve katmanlardaki nöronlar aracılığıyla gizli biçimde işlenmekte, en doğru sonuçların elde edilmesi amacıyla, ağ içindeki ağırlık değerleri sürekli olarak güncellenmektedir.

Makine öğrenmesi

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmelerin ve bu teknolojilerin günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmesi sonucunda, veri toplama, depolama ve işleme süreçleri, geçmiş dönemlere karşın çok daha düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir. Söz konusu teknolojik ilerlemeler, özellikle sosyal bilimler alanında yapılan araştırmalarda, niceliksel

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

veriye erişimi kolaylaştırmakta ve kullanılan veri setlerinin hacmini hem gözlem sayısı hem de içerdiği değişken çeşitliliği bakımından artırmaktadır. Bu durum, erişim sorunu yaşanılan ya da analiz kapsamında değerlendirilemeyen veri setlerinin kullanılabilmesini mümkün kılarak, iktisadi/finansal olguların daha derinlemesine ve çok boyutlu biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır. Ek olarak, veri zenginliği, mevcut analiz araçlarının yetersiz kalmasına neden olurken, teorik ve uygulama düzeyinde, veri analitiği ile ilgili yeni yöntemlerin, modelleme tekniklerinin ve hesaplama araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Büyük hacimli ve karmaşık veri kümelerinin analizi edilmesinin istenmesi durumunda, geleneksel istatistiksel yöntemler, büyük veri yığınlarından anlamlı bilgi çıkarma sürecindeki yetersizlikler ve veri yapısındaki doğrusal olmayan ilişkileri belirleme becerilerindeki sınırlılıklar nedeniyle tahmin sorunsallıkları oluşturmaktadır. Veri analizi süreçlerinde esnek yöntemler ihtiyaç duyulması nedeniyle ortaya çıkan makine öğrenmesi ve yaklaşımları, farklı disiplinlerin araştırma ve analiz süreçlerinin gelişmesine olanak tanımaktadır (Athey, 2018) Makine öğrenmesinin amaçları arasında, veri aracılığıyla öngörü, sınıflandırma ve kümeleme problemlerinin çözümüne yönelik algoritmaların geliştirilmesi yer almaktadır. Gerçek hayatta karşılaşılan karmaşık problemlerin çözümünde, her duruma özgü olarak önceden açıkça programlanmaksızın, sistemlerin geçmiş deneyimlerden veya veri üzerinden edinilen tecrübelerden hareketle otomatik olarak öğrenmesi ve zamanla gelişim göstererek problem çözme kapasitesini artırması, modern yapay zekâ ve makine öğrenmesi yaklaşımlarının temel prensiplerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Makine öğrenme süreci, önceden tanımlanmış katı algoritmalar yerine, veriye dayalı örüntü tanıma, adaptasyon ve öngörü mekanizmaları sayesinde sistemin çevresine uyum sağlayarak, çözüm üretmesini mümkün kılmakta ve özellikle tekrarlayan, dinamik veya yapılandırılmamış sorunların ortadan kaldırılmasında etkili olmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemleri, öngörü süreçlerinde yüksek doğruluk seviyelerine ulaşabilmesi ve büyük veri yapılarından anlamlı desenler çıkarabilmesi nedeniyle birçok uygulama alanında yaygın olarak tercih edilmektedir. Ekonometri alanında yapılan uygulamalarda, öngörü ve tahmin doğruluğunun yanı sıra birey/kurum/ekonomik olgular arasındaki nedensellik ilişkilerinin sapmasız, tutarlı ve etkin bir tahminin yapılması gerekmektedir. Makine öğrenmesi, nedensel analizlerle ilgili bir yaklaşım sergilemezken, veri yapısındaki desenleri keşfetmeye ve tahmin doğruluğunu artırmaya odaklanmaktadır. Bu nedenle, makine öğrenmesi, nedensel çıkarımlara teorik/metodolojik yaklaşımlar sunmamakta ve kestirim odaklı yaklaşım sergilemektedir.

Belirli bir probleme ilişkin veri setlerinden yola çıkarak, baz alınan problemi, verilerin yapısına ve içerdiği desenlere ele alarak modellemeyi amaçlayan bilgisayar algoritmalarının genel adı olarak tanımlanan makine öğrenmesi (Bishop ve Nasrabadi, 2006), veri üzerinde yüksek doğrulukla optimize edilen bir model üretmeyi hedeflemekte ve bu doğrultuda, model performansını maksimize etmeye yönelik öğrenme süreçleri tasarlamaktadır. Farklı veri türlerine ve problem yapılarına uygun olarak çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri (k-en yakın komşu algoritması, basit (naive) Bayes sınıflandırıcı, karar ağaçları, lojistik regresyon analizi, k-ortalamalar algoritması, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları) bulunmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemleri, veriye dayalı analiz süreçlerinde tahmin, sınıflandırma/kümeleme vb.gibi işlemler açısından geniş uygulama alanlarına sahip olmakta ve

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

öğrenme stratejilerindeki çeşitlilik sayesinde, farklı problem türlerine esnek çözümler sunmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemleri, veriyi işleme biçimlerine göre, denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve pekiştirmeli/takviyeli öğrenme olmak üzere üç temel öğrenme stratejisi altında incelenmektedir. Denetimli öğrenme yaklaşımında, algoritmanın eğitilmesi sürecinde her bir girdi değerine karşılık gelen çıktı değerleri veri setine dahil edilmekte ve modelin, giriş-çıkış ilişkisini öğrenerek, ilerleyen aşamalarda verilen yeni girdiler için en yakın ve doğru çıktıları üretmesi amaçlanmaktadır (Mitchell ve Mitchell 1997). Denetimli öğrenmede bir çıktı değişkeni ($Y \in \mathbb{R}$) ve girdi olarak p tane $X = (X_1, X_2, \dots, X_p) \in \mathbb{R}^p$ değişkeni bulunmaktadır (Bishop ve Nasrabadi, 2006). Y ve X değişkenleri kategorik veya sürekli olabilmektedir. Y sürekli değerler alması durumunda, regresyon modeli, kesikli değerler alması durumunda (kategorik değişken) sınıflandırma süreci oluşmaktadır. Bu çerçevede, elde edilen en iyi modelin, daha önce görmediği veri setleri üzerinde de yüksek performansla tahmin yapabilmesi beklenmektedir. Ek olarak, denetimli öğrenme, örneklem dışındaki iyi tahmin yapan fonksiyonlar bulmaya çalışmaktadır. Denetimsiz öğrenme yaklaşımında, veri setinde herhangi bir hedef çıktının bulunmadığı durumlar söz konusu olmakta; bu durumda model, yalnızca mevcut girdi değerleri arasındaki ilişkileri öğrenmeye çalışmakta ve verideki örüntülere dayanarak benzer niteliklere sahip gözlemleri kümelere ayırmayı hedeflemektedir. Yeni bir gözlem değeri elde edildiğinde, ilgili değerin hangi kümeye ait olduğu belirlenmekte ve mevcut küme aracılığıyla gözlemin temel özellikleri tahmin edilmektedir. Ek olarak, belirlenmiş bir özellik olmaması durumunda, veri yapısının belirlenmesi için de denetimsiz makine öğrenme algoritmaları kullanılabilmektedir. Pekiştirmeli/takviyeli öğrenme yaklaşımında, doğrudan bir danışman/hedef çıktı gerekmezken, modelin her bir giriş karşılığında ürettiği çıkışın belirli bir performans kriterine göre iyi/kötü olarak değerlendirilmesi esas alınmaktadır. Bu değerlendirme sürecinde, modelin başarılı çıktıları ödüllendirilmekte, hatalı çıktıları ise cezalandırılarak, sistemin zamanla daha iyi kararlar alması sağlanmaktadır. Makine öğrenmesi süreçlerinde, öngörü/kestirim başarısının ölçümünde doğrudan (verilerin hem tahmin hem de performans ölçülmesinden kaçınmak için eğitim-test kümesi olarak bölünmesi) ve dolaylı (veriye dayalı bir bilgi ölçütüyle modelin karmaşıklığı için bir ceza teriminin tanımlanması) olmak üzere iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Dolaylı tahmin ölçütlerine örnek olarak, Mellow's Cp, Akaike (AIC) ve Bayesçi bilgi ölçütleri (BIC) sayılabilmektedir (James vd., 2013: Hastie, vd., 2009)

Bir kestirim/öngörü modelinin, özellikle $f(X)$ fonksiyonunun, yapısal karmaşıklığının artması durumunda, modele ait parametrelerin eğitim verilerine aşırı duyarlılık göstermesi sonucu ortaya çıkan aşırı uyum (overfitting) probleminin meydana gelme olasılığı da paralel biçimde yükselmektedir. Özellikle regresyon tabanlı problemler açısından değerlendirildiğinde, bir modelin kestirim hatasının karesinin beklenen değeri, yani ortalama karesel hata (Mean Squared Error-MSE), üç temel bileşenin toplamı olarak ifade edilmektedir (James vd., 2021). Bu bileşenler sırasıyla kestirim/öngörü varyansı, sapmanın karesi ve indirgenemez hata varyansı olarak adlandırılmaktadır. İndirgenemez hata varyansı, gözlenemeyen rastlantısal hata teriminin varyansını temsil etmekte ve model gelişmesine bakılmaksızın, herhangi makine öğrenmesi algoritması ile açıklanması muhtemel olmayan bir rastlantısallığı içerdiği kabul edilmektedir. Analiz sürecinde modelin eğitim verisi üzerindeki hatasını minimize etmek

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

amacıyla model karmaşıklığının artırılması durumunda, model, yüksek uyum gücüne sahip görünmekle birlikte, gerçek anlamda genelleme yeteneğinden yoksun hale gelebilmekte ve yeni, daha önce gözlemlenmemiş veriler üzerinde düşük performans gösterebilmektedir. Bu durum, makine öğrenmesinde sıkça karşılaşılan aşırı uyum (overfitting) probleminin tipik bir yansıması olarak değerlendirilmektedir. Analiz aşamasında modellemenin, kestirim/öngörü hatasının düşük olması ve hatanın varyansının minimum düzeyde tutulması gerekmektedir. Aksi durumda hem sapmanın hem de varyansın yüksek olması, modelin kararsızlık sergilemesine ve güvenilirliğinin azalmasına neden olmaktadır, Özetle, model karmaşıklığı arttıkça, örneklem içindeki kestirim/öngörü hatasında azalma eğilimi gözlenmektedir. Bu durum, modelde kullanılan değişken sayısı (p) vb.gibi karmaşıklığı artıran unsurların ortaya çıkması durumunda belirgin hale gelmektedir. Ancak, örneklem dışı, yani test veri seti üzerinde elde edilen kestirim/öngörü hatası, model karmaşıklığının belirli bir düzeye kadar artmasıyla birlikte azalmakta, fakat eşik değeri aşıldığında tekrardan yükselmeye başlamaktadır. Bu noktada, test hatasının en düşük seviyeye ulaştığı model karmaşıklığı, optimal model karmaşıklığı olarak adlandırılmakta ve modelin genelleme yeteneğini en yüksek düzeye çıkardığı varsayılmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmalarında, modelin karmaşıklığı genellikle hiperparametre (ayarlanabilir parametreler) olarak tanımlanan ve her modele özgü olarak belirlenen sabitlerin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkmaktadır. İlgili hiperparametrelerin uygun şekilde seçilmesi, modelin aşırı uyum veya düşük uyum problemlerinden arındırılarak dengeli ve tutarlı tahminler yapabilmesini mümkün kılmaktadır.

Makine öğrenmesi uygulamalarında, bir modelin kestirim/öngörü başarısını en üst düzeye çıkarmak amacıyla, modele özgü olan hiperparametrelerin (ayarlanma parametreleri) dikkatli şekilde belirlenmesi gerekmektedir. İlgili parametrelerin uygun değerlerde seçilebilmesi için, modelin kestirim performansının her bir ayarlanma parametresi kombinasyonu için tekrar tekrar ölçülmesi ve değerlendirilmesi zorunlu hale gelmektedir. Sonuç olarak, tahmin hatası en düşük olan, yani en az sapma ve varyansa sahip hiperparametreleri belirleyerek, modelin genelleme yeteneğini maksimize edilmesinin hedeflenmesi önem arz etmektedir. Diğer taraftan, model karmaşıklığını belirlemek veya hiperparametreleri optimize etmek amacıyla test veri kümesinin doğrudan kullanılmaması gerekmektedir. Test verileri yalnızca modelin nihai performansını değerlendirmek amacıyla ayrılmakta ve model yapılandırma sürecine dâhil edilmemektedir. Bunun yerine, eğitim veri kümesi kendi içinde bölünerek, yeniden geçerleme (validation) kümesi oluşturulmakta ve bu geçerleme verileri, optimal model karmaşıklığı düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu kapsamda, hiperparametrelerin seçimi için en yaygın ve etkin yöntemlerden biri "çapraz geçerleme" (cross-validation) yöntemi olarak bilinmekte ve uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Çapraz geçerleme yaklaşımında, eğitim veri seti rassal biçimde alt gruplara veya örneklemlere ayrılmakta, her bir alt grup belirli bir sırayla geçerleme kümesi olarak kullanılmakta; geri kalan veriler ise modelin eğitimi için kullanılmaktadır. Bu işlem, her bir gözlem verisinin geçerleme amacıyla en az bir kez kullanılması sağlanacak şekilde tekrarlanmaktadır. En basit formu olan biri hariç çapraz geçerleme (leave-one-out cross-validation) yönteminde, eğitim kümesindeki her bir gözlem sırasıyla geçerleme için ayrılmakta, kalan $(n - 1)$ gözlem ile model eğitilmekte ve bu işlem tüm gözlemler için tekrar edilerek, sonunda elde edilen n adet kestirim/öngörü hatasının (MSE,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

RMSE vb.gibi) ortalaması alınmaktadır. Bu yöntem, yüksek sayıda gözlem içeren veri kümelerinde ya da hesaplama yoğunluğu yüksek algoritmalar kullanıldığında oldukça zaman alıcı olabilmekte, dolayısıyla hesaplama yükünü azaltmak amacıyla daha pratik bir yöntem olan k-katlı çapraz geçerleme yaklaşımı tercih edilmektedir. k-katlı çapraz geçerleme yönteminde, verilerin homojen ve birbirinden bağımsız dağıldığı varsayımı altında, eğitim veri seti rassal olarak, k adet gruba ayrılmakta ve her bir grup sırayla geçerleme (validation) kümesi olarak kullanılmakta, kalan gruplarla model eğitilmektedir. Bu işlem sonucunda k farklı geçerleme hata değeri elde edilmekte ve bu değerlerin ortalaması alınarak modelin test performansı tahmin edilmektedir. Bu süreç, her bir ayarlanma parametresi kombinasyonu için ayrı ayrı tekrarlanmakta ve en düşük çapraz geçerleme hatasını üreten model, en başarılı model olarak tercih edilmektedir. Özetle, makine öğrenmesinde model tahmin süreci algoritmik bir yapı içerisinde ele alınmakta, model hiperparametreleri üzerinden bir model yapısı oluşturulmakta ve ilgili yapı içerisinden performans açısından en iyi sonucu veren model sistematik olarak seçilmektedir. Sonuç olarak, makine öğrenmesinde en iyi model, test veri kümesi üzerinde en yüksek doğrulukla kestirim yapan model olarak kabul edilmekte ve model seçimi süreci, ilgili doğrultulara göre şekillenmektedir.

Denetimli makine öğrenmesi uygulamalarında karşılaşılan temel sorunlar arasında, modelin öğrenme sürecinde aşırı öğrenme problemini yaşamadan, veri üzerinde en iyi genelleme performansını sağlayacak şekilde optimal model karmaşıklığının belirlenmesi yer almaktadır. Bu kapsamda, makine öğrenme algoritmalarının genel işleyişine bakıldığında, kestirim fonksiyonu ve düzenlileştirme fonksiyonu olmak üzere iki temel bileşen bulunmaktadır. Kestirim/Öngörü fonksiyonu, modelin girdilerle çıktılar arasındaki ilişkiyi öğrenmesi ve veri üzerinde tahmin yapabilmesi için gerekli olan fonksiyonel yapıyı ifade etmekte ve genellikle bir kayıp fonksiyonunun minimize edilmesi yoluyla optimize edilmektedir. Kayıp fonksiyonu, modelin tahmin ettiği değerlerle gerçek değerler arasındaki farkları ölçmekte ve ilgili farkların toplamını azaltmaya çalışarak modelin doğruluğunu artırmayı hedeflemektedir. Diğer taraftan, modelin karmaşıklık düzeyini kontrol altına alarak aşırı öğrenme riskini sınırlamak amacıyla, modele eklenen düzenlileştirme terimi, modelin parametrelerine belli sınırlamalar getirerek, modelin hem eğitim hem de test verisi üzerindeki başarımını dengede tutmayı amaçlamaktadır. Ek olarak, düzenlileştirme fonksiyonu, model karmaşıklığını ölçmekte ve model karmaşıklığını belirli bir düzeyde tutarak optimal karmaşıklık düzeyinin elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu çerçevede, makine öğrenmesi algoritmaları, matematiksel olarak bir kısıtlı optimizasyon problemi biçiminde formüle edilmekte ve hem kayıp fonksiyonunun minimizasyonu hem de düzenlileştirme teriminin denetimi ile ideal model performansına ulaşılması amaçlanmaktadır (Mullainathan ve Spiess, 2017).

Makine öğrenmesi ve Ekonometri

Ekonometrik analizler, ekonometrik modellerin matematiksel temellerini ve varsayımlarını incelendiği teorik çalışmalar ve gerçek veri setleri üzerinden teorik modellerin uygulanmasına odaklanıldığı uygulamalı çalışmalar olmak üzere iki temel başlık altında sınıflandırılmaktadır. Son dönemlerde, artan veri hacmi ve gelişen hesaplama teknikleri ile birlikte, her iki alanda da makine öğrenmesi tekniklerinin entegrasyonu önemli bir araştırma sahası haline gelmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Bu kapsamda, makine öğrenmesi yöntemleri hem teorik ekonometrik yaklaşımlara hem de uygulamalı ekonometrik modellere entegre edilerek, farklı işlevler ve amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Teorik ekonometrik bağlamda, özellikle nedensel etkilerin sapmasız tahmini için yeni ve gelişmiş yöntemler ortaya çıkmakta; bu doğrultuda nedensel makine öğrenmesi ve nedensel ormanlar gibi teknikler, ekonometrik analizlerde nedenselliğe yönelik güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. İlgili yöntemler, klasik ekonometrik yaklaşımların sunduğu nedensellik analizlerine alternatif/tamamlayıcı çözümler sunarak, daha yüksek doğrulukla nedensel ilişki tahmini yapılmasını mümkün kılmaktadır. Uygulamalı ekonometrik çalışmalarda ise, makine öğrenmesi teknikleri sıklıkla standart yöntemler çerçevesinde uygulanmakta ve ilgili yöntemler, veri üzerindeki tahmin performansını artırmaya yönelik olarak kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi teknikleri hem teorik hem de uygulamalı ekonometrik analizlerde geleneksel yöntemlerin ötesine geçen, esnek ve veri odaklı çözümler sunan araçlar olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemler, özellikle büyük veri analitiği ve yüksek boyutlu veri setlerinde kestirim/öngörü doğruluğunun artırılmasına ve nedensel çıkarımların güvenilirliğini destekleyen yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Athey ve Imbens, 2019).

Yapısal ekonometri

Yapısal ekonometri, ekonomik yapıların (bireyler/firmalar) karar alma süreçlerini yönlendiren mikroekonomik kuralların ve teorik modellerin, ampirik verilere dayanarak tahmin edilmesini amaçlayan ekonometrik bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. İlgili alanda, yalnızca gözlemler arasındaki korelasyonu analiz etmeye odaklanan geleneksel ekonometrik yöntemlerden farklı olarak, ekonomik teori tarafından öngörülen nedensel ilişkileri ve yapısal parametreleri doğrudan modellemeye çalışılmaktadır (Keane vd., 2011). Yapısal ekonometrik modeller, ekonomik yapıların belirli amaçlara ulaşmak için fayda/kâr maksimizasyonu yaptığını varsaymakta ve süreci amaç fonksiyonları, kısıtlar, beklentiler, denge koşulları, rastgele şoklar vb.gibi bileşenlerle biçimlendirmektedir. Yapısal ekonometrik modeller aracılığıyla, gözlemlenen davranışların altında yatan nedenler belirlenmesinin yanı sıra ilerleyen dönemlerdeki uygulanması muhtemel politika değişimlerinin sistem üzerinde etkisi de tahmin edilmektedir. (Train, 2009).

Makine öğrenmesi ve yapısal ekonometri karşılaştırıldığında, makine öğrenmesi, temelde tahmin/öngörü doğruluğunu artırmaya odaklanırken, yapısal ekonometri, nedensel ilişkilerin tutarlı ve teorik olarak temellendirilmiş biçimde tahmin edilmesini amaçlaması şeklinde metodolojik farklılık bulunmaktadır. Bununla birlikte, son dönemde, makine öğrenmesi tekniklerinin yapısal ekonometrik modellere entegrasyonu gündeme gelmekte ve bu nedenle, yüksek boyutlu veri setlerinde modelleme esnekliği artarken, tahmin süreçlerinde gelişmeler yaşanmaktadır (Athey ve Imbens, 2019). Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerinin açıkça programlanmadan, yalnızca deneyim yoluyla belirli görevleri yerine getirme ve zaman içinde performanslarını otomatik olarak geliştirme yetisini kazandırmayı amaçlayan algoritmaların ve istatistiksel modellerin incelenmesini konu edinmektedir (Bishop ve Nasrabadi, 2006). Makine öğrenmesi, esnek yapıya sahip istatistiksel yöntemleri kapsamakta ve doğrusal olmayan

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

regresyon analizleri ve olasılık modellerinin yaklaşık çözümlerini kullanmaktadır. Yapısal ekonometri ise, bireylerin, firmaların ve organizasyonların davranışlarını açıklamayı hedefleyen ekonomik teori ve modellerin test edilmesi ve söz konusu modellere dayalı çıkarımlar yapılması için yöntemler geliştirmeyi amaçlayan bir ekonometri alt dalı olarak tanımlanmaktadır. Her iki alan, tahmin ve karar verme süreçleri ile ilgilenirken, makine öğrenmesinin bilgisayarların ilgili görevleri yerine getirmesine odaklanmakta, yapısal ekonometri ilgili görevlerin insanlar tarafından yapılma süreçlerini anlamaya çalışmaktadır. Yapısal ekonometri, bireyleri ve firmaların karar alma süreçlerini tahmin etmek ve ilgili sürece ilişkin davranışlara ilişkin anlayışı geliştirmek amacıyla ardışık modeller kurmayı hedeflediğinden, denetimli öğrenme sınıflandırmasına girmektedir. Yapısal ekonometrinin amaçları arasında, doğrudan gözlemlenemeyen ya da ölçülemeyen soyut yapılar (bireylerin ve firmaların tercihleri, fayda düzeyleri, gözlenen/gözlenmeyen değişkenlerin olasılık dağılımları vb.gibi) hakkında çıkarımda bulunması yer almaktadır. Yapısal ekonometrinin tahmin süreci, açıklanmaya çalışılan ekonomik davranışların ardındaki temel yapının ortaya çıkarılmasını hedeflemektedir. Özetle, tutarlı tahminler yapmanın yanı sıra ekonomik yapılar ve davranışlar hakkında daha derin bilgi ve anlayışa ulaşmayı hedeflediğinden yapısal ekonometri, bir insan öğrenmesi süreci olarak değerlendirilmektedir. Yapısal ekonometri uygulamaları sonucunda gerçekleştirilen politika tahmini, mevcut model ve yöntemlerin büyük ölçekli karşı-olgusal tahminler üretme konusundaki yeterliliği belirsiz bir yapı sergilemekledir. Bu çerçevede, özellikle önem arz eden geniş çaplı politika konularında tutarlı ve güvenilir tahminler üretmek için makine öğrenme süreçlerinin yapısal ekonometri tahminleme süreçlerine entegre edilmesi önem arz etmektedir.

Karar verme süreçlerinde optimal çözümü bulmak için kullanılan bir yöntem olan dinamik programlamada karar noktaları, durumlar ve eylemler olarak ifade edilmektedir. Karar verilmesi gereken sistemin birçok durum değişkeni içermesi durumunda ortaya çıkan yüksek boyutlu dinamik programlama modellerinin çözümünde karşılaşılan boyutsallık sorunsalı nedeniyle modellerinin yapısal olarak tahmin edilmesinde yetersizlikler oluşmaktadır (Rust, 2019). Boyutsallık sorunsalı, dinamik programlama problemlerinde durum değişkeni olan x'in alması muhtemel değerlerin sayısının aşırı şekilde artması sonucu, herhangi bir durumda optimum kararı tanımlayan stratejinin, yani, $d = \delta(x)$ fonksiyonunun etkili biçimde hesaplanmasının imkânsız hale gelmesi durumunu ifade etmektedir. Boyutsallık sorunsalı, dinamik programlama problemlerinde, her bir durum noktası için değer fonksiyonunu (d) optimize eden karar vektörünü bulunması, koşullu beklenti hesaplamaları sırasında çok değişkenli entegrasyon işlemleri ve durum değişkeni x sürekli ve çok boyutlu olduğunda değer fonksiyonlarının yaklaşık olarak hesaplanması olmak üzere üç farklı düzeyde ortaya çıkmaktadır. Makine öğrenmesi, ortaya çıkan boyutsallık sorununun etkilerini hafifletmek amacıyla çeşitli yöntemler sunmaktadır. Bu yöntemler arasında, sinir ağları, çok boyutlu fonksiyonların yaklaşık hesaplanmasında boyut arttıkça parametre sayısı üstel biçimde artmayan yapılar kurabilme kapasitesi sayesinde öne çıkmaktadır (Barron, 1994; Montanelli ve Du, 2019). Makine öğrenmesi, özellikle sinir ağları gibi yöntemler aracılığıyla, yüksek boyutlu fonksiyonların yaklaşık hesaplanmasında önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yöntemler, boyut arttıkça parametre sayısının üstel biçimde artmaması gibi yapısal özellikleri sayesinde, dinamik

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

programlama modellerinde karşılaşılan boyutsallık sorununa karşı etkili çözümler sağlayabilmektedir Diğer taraftan, makine öğrenmesi yaklaşımları boyutsallık sorunsalını, parametre sayısının artışını yanı sıra yüksek boyutlu uzaylarda anlamlı bir şekilde öğrenme yapabilmek amacıyla veri miktarını üssel bir şekilde artması, yüksek boyutlu uzaylarda verilerin seyrek olduğundan modellerin öğrenme kabiliyetini sınırlanması ve karmaşık/düzensiz fonksiyonların temsil edilmesinde yüksek sayıda parametre gereksinimin ortaya çıkmasını muhtemel olması nedeniyle tamamen ortadan kaldıramamaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekonomik yapıların belirlenmesinde ve analiz edilmesinde bireylerin/firmaların karar verme süreçlerinin doğal karmaşıklığı, veri işleme ve modelleme bağlamında yeni nesil analitik yaklaşımların kullanılmasın zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Makine öğrenmesi, temelinde, veriden öğrenme süreçlerini önceden tanımlı modellere bağlı kalmadan gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Kestirim/öngörü performansını maksimize etmeye odaklanan algoritmik bir çerçeve sunan makine öğrenmesi, karmaşık ve doğrusal olmayan veri desenlerinin belirlemekte, yüksek boyutlu girdiler tutarlı tahminler vermekte ve otomatik model seçimi yapmaktadır. Bu esnek yapısına rağmen makine öğrenmesi, modelin içsel yapısı hakkında çıkarım yapabilme kapasitesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, makine öğrenme yöntemleri, nedensel analiz ya da politik etki tahmini gibi alanlarda doğrudan uygulama zorluğu taşımaktadır. Diğer taraftan, yapısal ekonometri, iktisadi teoriden türetilmiş amaç fonksiyonları, kısıtlar ve stratejik davranış modelleri üzerinden, gözlenen davranışların nedensel mekanizmalarını açıklamayı ve ilgili mekanizmalara dayalı olarak karşı-olgusal politika analizleri yapmayı hedeflemektedir. Yapısal ekonometrinin, model parametrelerinin yorumu, karar kurallarının ortaya konulması ve refah etkilerinin ölçülmesine imkân tanıması vb.gibi avantajları bulunurken, yüksek boyutlu modelleme ve hesaplama gereksinimleri açısından sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu çerçevede, çalışmada, ilgili yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak ele alınmaktadır. Sonuç olarak, makine öğrenmesinin yüksek boyutlu tahmin gücünü, yapısal ekonometri modellerinde çıkarımsal doğruluğu artırmak amacıyla destekleyici bir araç olarak kullanmanın mümkün olduğu ifade edilmektedir. Dekompozisyon (ayrıştırma) ilkesi, makine öğrenmesi ve yapısal ekonometri açısından, kapsamlı karar problemlerinin alt problemlere bölerek yönetilebilir hale gelmesini olanak tanımaktadır. Bu çerçevede, çalışma sonucunda, makine öğrenmesi ve yapısal ekonometri alanlarının birbirini tamamlayan yöntemsel yaklaşımlar olduğunu ve iki alan arasında kurulması muhtemel olan entegrasyonun, özellikle ekonomik karar süreçlerinin modellenmesinde ve politika yapıcıların desteklenmesinde büyük potansiyel taşıdığını vurgulanmaktadır. Çalışma kapsamında, yüksek boyutlu karşı-olgusal senaryoların modellenmesinde, makine öğrenmesinin sunduğu hesaplama ve tahmin avantajları ile yapısal ekonometrinin sunduğu teorik ve çıkarımsal avantajların birleştirilmesinin, belirsizlik altında karar verme ve politika analizinde yeni ufuklar açmasını muhtemel olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Klasik dinamik programlama problemleri makine öğrenmesi yardımıyla yaklaşık çözümler ile ele alınırken, ilgili çözümlerin iktisadi açıdan yorumlaması ve normatif doğruluğu yapısal

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ekonometri çerçevesinde değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle çalışmanın, kestirim/öngörü ve çıkarım dengesinin sağlandığı hibrit modellerin, konu ile ilgili literatürün tahmin aşamasında ve politik karar alma süreçleri açısından katma değer yaratma potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bu çerçevede, makine öğrenmesi ile yapısal ekonometrinin entegrasyonu, veri temelli uygulamaların model temelli teorik içgörülerle desteklenmesine, karmaşık karar süreçlerinde tutarlı ve anlamlı sonuçlara ulaşılmasına olanak sağlamaktadır. Son olarak, çalışma, ilgili iki yaklaşımın metodolojik farklarını aşarak, bilgi üretme biçimi ve amaç (epistemolojik düzlem) açısından ortak bir çerçeve oluşturması nedeniyle ekonomi disiplini açısından geleceğe yönelik stratejik adımlardan biri olduğunu ortaya koymaktadır. Konuyla ilgili yapılması planlana sonraki çalışmalarda, makine öğrenmesi ile yapısal ekonometrinin modelleme süreçlerinin birlikte tasarlanması ve entegrasyonun pratik uygulamalara aktarılması, veri analizinde yeni metodolojik ufuklar açabilecek nitelikte olması muhtemel olmaktadır.

KAYNAKÇA

Athey, S. (2018). The impact of machine learning on economics. In *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 507-547). University of Chicago Press.

Athey, S., & Imbens, G. W. (2019). Machine learning methods that economists should know about. *Annual Review of Economics*, *11*(1), 685-725.

Barron, A. R. (1994). Approximation and estimation bounds for artificial neural networks. *Machine learning*, *14*, 115-133.

Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: Springer.

Charniak, E. (1985). *Introduction to artificial intelligence*. Pearson Education India.

Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning* (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT Press.

Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction* (Vol. 2, pp. 1-758). New York: Springer.

Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines, 3/E*. Pearson Education India.

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning* (Vol. 112, No. 1). New York: Springer.

Keane, M. P., Todd, P. E., & Wolpin, K. I. (2011). The structural estimation of behavioral models: Discrete choice dynamic programming methods and applications. In *Handbook of labor economics* (Vol. 4, pp. 331-461). Elsevier.

Mitchell, T. M., & Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning* (Vol. 1, No. 9). New York: McGraw-Hill.

Montanelli, H., & Du, Q. (2019). New error bounds for deep ReLU networks using sparse grids. *SIAM Journal on Mathematics of Data Science*, *1*(1), 78-92.

Mullainathan, S., & Spiess, J. (2017). Machine learning: an applied econometric approach. *Journal of Economic Perspectives*, *31*(2), 87-106.

Nielsen, M. A. (2015). *Neural networks and deep learning* (Vol. 25, pp. 15-24). San Francisco, CA, USA: Determination press.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. pearson.

Rust, J. (2019). Has dynamic programming improved decision making?. *Annual Review of Economics*, *11*(1), 833-858.

Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

YÜKSEK BOYUTLU PANEL VERİ ANALİZİNDE MODEL SEÇİMİ: KLASİK MODELLEME VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMI

Prof. Dr. M. Kenan TERZİOĞLU

Trakya Üniversitesi, kenanterzioglu@trakya.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6053-830X

Mehmet Ali YÜCEL

Trakya Üniversitesi, maliyucel@trakya.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-5474-3307

ÖZET

Panel veri analizlerinde, aynı birimlere özgü gözlemlenemeyen etkileri kontrol etme zorunluluğu, çözülmesi gereken temel bir sorun olarak sürmektedir. Söz konusu temel zorluğa ek olarak, güncel büyük veri ortamlarında modellerde kullanılan yüzlerce potansiyel açıklayıcı değişkenin yönetimi, analitik süreçleri karmaşıklaştırmaktadır. Geleneksel ekonometri yaklaşımları, birimlere ait sabit etkileri kontrol altına alma konusunda başarılı olmakla birlikte, modelde yer alan tüm gereksiz değişkenlerin etkilerini istatistiksel testler aracılığıyla tek tek manuel olarak eleme zorunluluğu getirmektedir. Bu durum, özellikle yüksek boyutluluk söz konusu olduğunda, değişken seçimi ve aşırı uyum kontrolü süreçlerini oldukça verimsizleştirmektedir. Bu çerçevede çalışma kapsamında, Klasik Sabit Etkiler Regresyonu ile Makine Öğrenmesi disiplininden türetilen Sabit Etkili Lasso modelinin, otomatik değişken seçimi ve genelleme başarısı açısından doğrudan bir simülasyon ortamında kıyaslanması amaçlanmaktadır. Kıyaslama, bağımlı değişkeni etkileyen az sayıda kilit değişken ile çok sayıda etkisiz gürültü değişkenini içeren rastgele oluşturulmuş panel veri seti üzerinde gerçekleştirilmektedir. Her iki model de birime özgü sabit etkileri kontrol edecek şekilde kurgulanmakta ve Lasso modeline model karmaşıklığını cezalandıran bir düzenlileştirme mekanizması uygulanmaktadır. Sonuçlar, Klasik Sabit Etkiler modelinin, etkiye sahip olan ana değişkenlerin katsayılarını gerçeğe çok yakın ve güvenilir bir şekilde tahmin ettiğini göstermektedir. Öte yandan, Fixed Effects Lasso modelinin, gereksiz değişkenlerin büyük bir kısmının katsayılarını otomatik olarak sıfıra indirdiği saptanmaktadır. Söz konusu otomatik değişken seçimi yeteneği, modelin gereksiz karmaşıklıktan arınmasını sağlamaktadır. Kestirim performansı metrikleri karşılaştırıldığında, Lasso modelinin test seti üzerinde daha düşük hata oranı ile genelleme yeteneğinin daha yüksek olduğu tespit edilmektedir. Çalışma, yüksek boyutlu panel veri analizlerinde, Makine Öğrenmesi düzenlileştirme tekniklerinin ekonometrik modellerin analitik verimliliğini kritik düzeyde artırdığını ve model karmaşıklığını etkin şekilde yönetme konusunda önemli bir katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Panel Veri, Modelleme, Makine Öğrenmesi

GİRİŞ

Panel veri analizlerinde, birimlere özgü ve gözlemlenemeyen etkilerin kontrol altına alınması gerekliliği, ekonometrik modellemenin temel metodolojik sorunları arasında yer almaktadır. Ek olarak, günümüzün büyük veri ortamlarında modellerde yer alabilmesi muhtemel olan çok sayıda potansiyel açıklayıcı değişkenin yönetimi ve anlamlı olanların ayıklanması, analitik

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

süreci hesaplama ve model kurma açısında süreci zorlaştırmaktadır. Geleneksel sabit etkiler regresyonu, bireylere veya kesit birimlerine özgü sabit bileşenlerin tahmin edilmesinde güçlü ve yaygın bir araç olmakla birlikte, yüksek boyutlu ortamlarda değişken seçimi konusunda önemli zorluklar barındırmaktadır. Bu çerçevede, modelde yer alan gereksiz/etkisiz değişkenlerin istatistiksel anlamlılık testleri aracılığıyla tek tek elenmesi zorunluluğu, süreci hem zaman alıcı hem de öznel karar hatalarına açık hâle getirmektedir. Makine öğrenmesi disiplininde geliştirilen düzenlileştirme temelli yöntemler, yüksek boyutlu veri ortamlarında model karmaşıklığını cezalandırma ve gereksiz değişkenleri otomatik olarak dışlama kabiliyetleri sayesinde söz konusu sınırlılıkları aşma potansiyeli taşımaktadır. Bu kapsamda, Lasso (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) yaklaşımının sabit etkiler modellerine entegre edilmesi, hem açıklayıcı değişkenlerin etkilerini otomatik olarak değerlendirme hem de modelin genelleme başarısını artırma açısından önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Konuyla ilgili literatür incelendiğinde, panel veri modellerinde yüksek boyutlu değişken seçimi ve sabit etkilerin düzenlileştirme yöntemleriyle entegrasyonu, son dönemlerde teorik ve uygulamalı olarak önemli bir çalışma alanı olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Kock vd. (2013), panel veri çerçevesinde panel-Lasso'nun doğruluk sınırlarını analiz etmekte ve heteroskedastik ve zayıf bağımlı hatalar altında seçim tutarlılığına koşullar önermektedir. Linton vd. (2022), etkileşimli sabit etkiler içeren modellerde Lasso temelli projeksiyon yöntemleri ve düzenlileştirme çıkarım tekniklerini sunmaktadır. Söz konusu yaklaşım, geleneksel sabit etkili Lasso yaklaşımlarını etkileşimli faktörlerle genişletmektedir. Chen (2025), çapraz kesitsel ve zamansal bağımlılıkların olduğu yüksek boyutlu panellerde iki yönlü kümelenmiş Lasso ağırlıkları önererek, güvenli çıkarım için yöntemsel bir araç geliştirmektedir. Clarke ve Polselli (2025), panel veri içerisinde karmaşık fonksiyonları tahmin etmek için ML algoritmaları kullanmakta ve sabit etkili sistemlerde sapmasız çıkarım yapılmasının muhtemel olduğunu ortaya koymaktadır. Ek olarak çalışma, Lasso yaklaşımının öngörü ve çıkarım hedefiyle kullanılmasın da önermektedir. Gao vd. (2024), değişken sayısının örneklem boyutundan çok daha büyük olduğu ortamlar için sağlam çıkarım yöntemleri geliştirmekte ve özellikle heteroskedastisiteye ve bağımlılığa tolerans gösteren Lasso benzeri teknikler önermektedir. Vogt vd., (2022) CCE (Common Correlated Effects) yaklaşımını yüksek boyutlu modellere genişletmekte, Lasso tabanlı projeksiyon ile ayrıştırılmış Lasso çıkarım mekanizmasını birlikte uygulayarak, panel-Lasso yöntemlerinin pratik uygulama sınırlarını genişletmektedir. Adamek (2023), yüksek boyutlu zaman serileri için ayrıştırılmış Lasso yöntemlerinin geçerliliği tartışmaktadır. Kaddoura ve Westerlund, (2023), rastgele etkileşimli etkiler ve yapısal kırılmalar durumunda değişken seçimi yöntemlerini araştırmakta ve sabit etkili Lasso yaklaşımlarının daha karmaşık panel yapılarına genişletilmesinin muhtemel olduğunu ortaya koymaktadır. Mei ve Shi (2024), yüksek boyutlu öngörüsel regresyonlarda Lasso'nun davranışı incelemekte ve tahmin doğruluğu, seçim hatası dengesi ile ilgili kavramsal çıkarımlar yapmaktadır. Çalışma, panel veri Lasso tasarımlarına öngörü açısından perspektif sunmaktadır. Yang vd. (2025), yarı-doğrusal panel modellerde sabit etkiler ile birlikte değişken seçimi ve robust tahmin yöntemlerini birleştirmektedir.

Bu çerçevede, çalışma kapsamında, klasik sabit etkiler regresyonu ile makine öğrenmesi literatüründen türetilen sabit etkili Lasso yaklaşımı, yüksek boyutlu panel veri ortamında

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

otomatik değişken seçimi ve öngörü performansı açısından doğrudan bir simülasyon çerçevesinde karşılaştırılmaktadır. Simülasyon kurgusunda, bağımlı değişkeni etkileyen sınırlı sayıda anahtar değişken ile çok sayıda etkisiz gürültü değişkeni içeren yapay bir veri seti oluşturularak, her iki modelin davranışları sistematik biçimde analiz edilmektedir. Çalışmanın ilk bölümünde, kurgulanan sentetik veri üretim mekanizması, modelleme stratejisi ve uygulanan yöntemlerin metodolojisinin teorik çerçevesi açıklanmakta, ikinci bölümde, ampirik bulgular sunulmakta ve son bölümde ise sonuçlar özetlenerek, çalışmanın metodolojik ve politik çıkarımları tartışılmaktadır.

METODOLOJİ

Yüksek boyutlu panel veri analizlerinde aynı gözlem birimine ait zaman boyunca değişmeyen ve gözlemlenemeyen özelliklerin, yani sabit etkilerin, doğru şekilde kontrol edilmesi gerekliliği ve veri setinde yer alan çok sayıda potansiyel açıklayıcı değişken arasından istatistiksel olarak anlamlı olanların seçilmesi ve modelin aşırı uyum riskinden korunması zorunluluğu olmak üzere iki temel metodolojik zorluk bulunmaktadır. Geleneksel panel veri modelleri, sabit etkilerin kontrolünde başarılı sonuçlar üretmesine rağmen, değişken seçimi süreçlerini önsel olarak istatistiksel testlere ve karar süreçlerine bağlı olmaktadır. Bu durum, yüksek boyutlu ortamlarda önemli ölçüde verimlilik kaybına yol açmaktadır (Baltagi, 2021; Wooldridge, 2010).

Bu çerçevede, çalışma, söz konusu iki temel soruna farklı yöntemsel yaklaşımları kıyaslayarak çözüm önerileri geliştirmeyi amaçlamaktadır. İlk olarak, klasik sabit etkiler regresyon modeli kullanılarak, bireylere özgü gözlemlenemeyen heterojenliğin kontrol edildiği temel bir referans çerçeve kurulmaktadır. Model, Y_{it}, i-inci birimin t-inci dönemdeki bağımlı değişken gözlemini, $\alpha_i$gözlemlenemeyen ve zamana göre sabit olan birim etkilerini, X_{it} açıklayıcı değişken vektörünü ve ε_{it} hata terimini temsil etmek üzere $Y_{it} = \alpha_i + X_{it}\beta + \varepsilon_{it}$ şeklinde tanımlanmaktadır. Sabit etkiler modeli, α_i'yi kontrol etmek için her birime ait gözlemlerin zaman ortalamalarından arındırılması yoluyla gözlemlenemeyen sabit etkilerin modelden elimine edilmesini sağlayan içsel dönüşümünü veya birim kuklalarını kullanarak, gözlemlenemeyen heterojenliği tahmin sürecinden ayrıştırmaktadır (Hsiao, 2022). Yüksek boyutlu panel veri analizlerinde, açıklayıcı değişken sayısının gözlem sayısından veya zaman boyutundan büyük olması ($P > N$ veya $P > T$) durumu, model seçimi ve tahmin süreçlerinde klasik yöntemlerin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda, makine öğrenmesi alanından türetilen düzenlileştirme teknikleri devreye girmekte ve model karmaşıklığını doğrudan kısıtlandırarak çözüm üretmektedir. Çalışmada kullanılan Sabit Etkili Lasso (Fixed Effects Lasso) modeli, klasik sabit etkiler yapısını koruyarak katsayı vektörüne L_1 kısıtı uygulamakta ve gereksiz değişkenlerin katsayılarını sıfıra indirerek otomatik değişken seçimi yapmaktadır (Belloni vd., 2014; Kock, 2013): $\lambda > 0$ düzenlileştirme parametresini temsil etmekte ve model karmaşıklığı ile tahmin hatası arasındaki dengeyi belirlemek üzere Sabit Etkili Lasso modeli, $\hat{\beta}_{LASSO} = \arg\min_{\beta} \frac{1}{2NT}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(Y_{it} - \alpha_i - X_{it}\beta)^2 + \lambda\sum_{j=1}^{P}|\beta_j|$. Lasso yöntemi, en güçlü sinyale sahip değişkenleri modelde tutarak hem aşırı uyum riskini

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

azaltmakta hem de modelin yorumlanabilirliğini artırmaktadır (Hastie vd., 2015). Sabit etkili Lasso yaklaşımı, klasik ekonometrik modellemenin güçlü teorik temellerini korurken, yüksek boyutlu veri yapılarında değişken seçimi sürecini otomatikleştiren hibrit bir çözüm sunmaktadır. Lasso tahmincisi, katsayı vektörünü tahmin doğruluğunu maksimize edecek şekilde ve modelin seyrek/basit olmasını sağlayacak biçimde seçmektedir. L_1 normuna dayalı kısıtlandırma terimi $\lambda \sum_{j=1}^{P} |\beta_j|$, önemsiz katsayıları sıfıra indirerek modelin gereksiz değişkenlerden arındırılmasını ve aşırı uyum riskinin azaltılmasını mümkün kılmaktadır. Lasso modelinde düzenlileştirme parametresi λ, katsayıların sıfıra zorlanma derecesini belirleyen kritik bir hiperparametre olarak ifade edilmektedir. Çalışma kapsamımda, λ değeri 10 katlı çapraz doğrulama (k-fold cross-validation) yöntemi aracılığıyla seçilerek, modelin tahmin hatası ile model karmaşıklığı arasında en uygun dengeyi sağlayan değer belirlenmektedir. Söz konusu yaklaşım, modelin yeniden üretilebilirliğini ve sonuçların istatistiksel güvenilirliğini artırmaktadır.

Metodolojik kıyaslamanın objektif biçimde yapılabilmesi amacıyla, analitik özellikleri çalışma kapsamında kontrol edilen sentetik bir panel veri seti oluşturulmaktadır. Sentetik veri kullanımı, özellikle farklı modelleme yaklaşımlarının performanslarının karşılaştırılmasında sıklıkla tercih edilen bir yöntem olarak ön plana çıkmakta ve parametrelerin ve veri-düzenleme sürecinin önsel olarak biliniyor olması nedeniyle yöntemlerin değişken seçimi ve tahmin başarısının nesnel biçimde ölçülmesine olanak tanımaktadır (Monteiro vd., 2022). Veri üretim mekanizması doğrusal panel yapısı temelinde, $\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2)$ birimlere özgü sabit etkileri, $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$hata terimini temsil etmek üzere $Y_{it} = \alpha_i + 5X_{1,it} - 3X_{2,it} + 0.8X_{3,it} + \varepsilon_{it}$ şeklinde belirlenmektedir. Açıklayıcı değişkenlerden üçü (X_1, X_2, X_3) bağımlı değişken üzerinde gerçek etkiye sahip olmakta ve geri kalan $X_4, \dots, X_{100}$değişkenleri ise gürültü olarak dâhil edilmektedir. Bu tasarımsal yapı, modelin değişken seçimi kabiliyetini test etmekte, yüksek boyutluluk durumunu $(P = 100)$ temsil etmekte ve Lasso'nun otomatik seçim kapasitesinin gerçekçi bir şekilde gözlemlenmesine olanak tanımaktadır. Simülasyon ortamında birim sayısı $N = 50$, zaman boyutu $T = 20$ olarak belirlenmektedir. Söz konusu parametreler, hem klasik sabit etkiler tahmincisinin küçük-orta ölçekli veri yapısındaki performansını hem de düzenlileştirme tabanlı modellerin yüksek boyut altında değişken seçimi başarısını karşılaştırmak için uygun bir deneysel çerçeve sunmaktadır. Bu nedenle, veri üretim mekanizması, metodolojik tartışmanın deneysel doğrulayıcısı olarak çalışmanın analitik sağlamlığını pekiştirmektedir.

BULGULAR

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen simülasyon, yüksek boyutlu panel veri ortamında klasik sabit etkiler tahmincisi ile düzenlileştirme temelli Sabit Etkili Lasso yaklaşımının performanslarının sistematik biçimde karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Elde edilen bulgular, her iki modelin de gözlemlenemeyen bireysel etkileri etkin biçimde kontrol edebildiğini ve değişken seçimi ve kestirim başarısı bakımından anlamlı farklılıklar bulunduğunu ortaya koymaktadır. Klasik sabit etkiler tahmincisi, veri üretim sürecinde bağımlı değişken üzerinde etkili olduğu bilinen üç temel değişkenin (X_1,X_2 ve X_3) katsayılarını

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

istatistiksel olarak anlamlı ve gerçeğe yakın biçimde tahmin etmektedir. Tablo 1'de söz konusu üç değişkenin tahmin edilen katsayıları ve anlamlılık düzeyleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Tahmin Edilen Katsayılar

Değişken	Gerçek Değer	Tahmin Değeri
X_1	5	5.116*
X_2	-3	-2.944*
X_3	0.80	0.683*

Tablo 1.'de yer alan çıktılar değerlendirildiğinde, model, temel değişkenlerin etkilerini başarılı biçimde yakalarken, gürültü niteliğindeki değişkenlerin büyük bir kısmı için katsayı tahminlerinin istatistiksel olarak anlamsız elde edilmektedir. Bu durum, yüksek boyutlu veri yapısında klasik yöntemin değişken seçimi sürecini önsel olarak yürütme zorunluluğunu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan verimsizlik sorununu ortaya koymaktadır. Düzenlileştirme temelli Sabit Etkili Lasso tahmincisi, yüksek boyutlu ortamda değişken seçimi konusunda belirgin avantajlar sağlamaktadır. Model, yüz açıklayıcı değişkenden yalnızca 49'unu sıfır olmayan katsayı ile modelde tutmaktadır. Bu durum, modelin karmaşıklığını anlamlı ölçüde azalttığını ve otomatik değişken seçimi başarısının yüksek olduğunu göstermektedir. Tablo 2'de Lasso tarafından sıfırlanmayan katsayılardan ilk on tanesi sunulmaktadır.

Tablo 2. Lasso Model Sonuçları

Değişken	Tahmin
X_1	4.936
X_2	-2.725
X_3	0.291
X_5	0.123
X_{25}	0.128
X_{55}	0.293
X_{89}	0.221
X_{62}	0.189
X_{65}	0.167
X_{86}	0.165

Tablo 2.'de yer alan sonuçlar, Lasso modelinin yalnızca gerçek etkili değişkenleri seçmekle kalmadığını, aynı zamanda bir kısmı düşük katsayı değerlerine sahip olmakla birlikte bazı gürültü değişkenlerini de modelde tuttuğunu göstermektedir. Bu sonuç, düzenlileştirme parametresinin büyüklüğü ve model seçimi üzerindeki belirleyici rolü ile ilişkilendirilmektedir. Düzenlileştirme parametresinin daha hassas belirlenmesi, yanlış pozitiflerin azaltılmasına olanak tanımaktadır. Düzenlileştirme temelli modelin kestirim başarısının klasik sabit etkiler tahmincisine göre anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, yüksek boyutlu panel veri yapısında aşırı uyum riskinin azaltılması ve genelleme kabiliyetinin artırılması açısından Lasso yaklaşımının önemli avantajlar sağladığını ortaya koymaktadır. Her iki modelin test veri seti üzerindeki kestirim başarıları karşılaştırıldığında, Sabit Etkili Lasso

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

yaklaşımının daha düşük hata oranı ile daha yüksek genelleme performansı sergilediği gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, bazı gürültü değişkenlerinin katsayılarının sıfıra indirgenmemesi, literatürde 'yakalama değişkeni (surrogate variable)' etkisi olarak adlandırılan olgu ile açıklanabilmektedir. Bu tür değişkenler, gerçek etkili değişkenlerle yüksek korelasyon taşıdıklarında, Lasso tarafından kısmen modele dahil edilebilmektedir. Ek olarak, seçilen λ değerinin aşırı katı olmaması, modelin belirli düzeyde ek değişken tutmasına yol açarak genelleme kapasitesini artırma eğilimi göstermektedir. Tablo 3'te, modellerin karşılaştırmalı hata ölçütlerini yer almaktadır.

Tablo 3. Modellere ilişkin hata Metriği

Model	**RMSE**
Sabit etkili Model	5.8723
Lasso	4.3447

Tablo 3.'te yer alan sonuçlar incelendiğinde, daha düşük RMSE değeri, düzenlileştirme yönteminin yüksek boyutlu panel veri ortamlarında aşırı uyum riskini azaltma ve genelleme gücünü artırma potansiyelini doğrulamaktadır. Bu durum, değişken seçiminin yalnızca model karmaşıklığını azaltmakla kalmadığını, aynı zamanda öngörü doğruluğunu da anlamlı biçimde iyileştirdiğini göstermektedir.

Genel olarak elde edilen bulgular, yüksek boyutlu panel veri analizlerinde klasik sabit etkiler yaklaşımının temel katsayıların tahmininde yüksek doğruluk sağladığını, ancak değişken seçimi ve model karmaşıklığı yönetimi açısından yetersiz kaldığını göstermektedir. Buna karşın Sabit Etkili Lasso modeli, otomatik değişken seçimi, karmaşıklık kontrolü ve genelleme performansı açısından belirgin avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, düzenlileştirme parametresinin seçimine duyarlılık, bazı etkisiz değişkenlerin modelde tutulması ve sıfırlama eşiğinin yanlış pozitiflere neden olabilmesi gibi sınırlılıklar da göz ardı edilmemelidir. Bu sonuçlar, düzenlileştirme tabanlı yöntemlerin klasik ekonometrik modellerin yerini almak yerine onları tamamlayıcı nitelikte bir araç olarak kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek boyutlu panel veri analizleri, gözlemlenemeyen bireysel heterojenliğin kontrol edilmesi gerekliliği ve çok boyutlu açıklayıcı değişken setleri içerisinde model açısından anlamlı olan bileşenlerin seçilmesi zorunluluğu bakımından, çağdaş ekonometrik araştırmaların en karmaşık problem alanlarından birini temsil etmektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen simülasyon analizi, söz konusu iki temel zorluğun çözümüne yönelik olarak geleneksel sabit etkiler tahmincisinin ve düzenlileştirme temelli Sabit Etkili Lasso yaklaşımının karşılaştırmalı performansını metodolojik düzlemde incelemeye olanak sağlamaktadır.

Elde edilen ampirik bulgular, sabit etkiler tahmincisinin veri üretim sürecinde bağımlı değişken üzerinde etkili olduğu bilinen temel değişkenlerin katsayılarını sapmasız ve tutarlı biçimde

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

tahmin ettiğini, ancak yüksek boyutlu veri yapılarında değişken seçimi süreçlerinin istatistiksel testlere ve karar mekanizmasına dayalı olarak yürütülmesi nedeniyle analitik verimliliğin önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Buna karşılık, Sabit Etkili Lasso yaklaşımının katsayı vektörüne uyguladığı L_1 normu temelli kısıtlandırma aracılığıyla gereksiz değişkenlerin büyük bir kısmını otomatik olarak dışladığı, model karmaşıklığını anlamlı düzeyde azalttığı ve tahmin performansını artırdığı tespit edilmektedir. Ek olarak, modelin test veri seti üzerindeki hata ölçütlerinin klasik tahminciye kıyasla daha düşük gerçekleşmesi, düzenlileştirme tabanlı yöntemlerin yüksek boyutlu ortamda genelleme başarısını artırma potansiyelini desteklemektedir.

Bulgular, yüksek boyutlu panel veri bağlamında düzenlileştirme yöntemlerinin klasik ekonometrik çerçeveye ikame değil, tamamlayıcı nitelikte bir çözüm olarak konumlandırılması gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle makroekonomik tahmin, finansal risk ölçümü, bölgesel etkilerin modellenmesi ve mikro veri temelli davranış analizleri gibi geniş değişken setlerinin söz konusu olduğu uygulama alanlarında, düzenlileştirme teknikleri model seçimini araştırmacı öznelliğinden bağımsızlaştırmakta ve analitik süreçlerin tekrarlanabilirliğini artırmaktadır. Bununla birlikte, düzenlileştirme parametresinin seçiminde veri temelli optimizasyon süreçlerinin kullanılmaması, bazı etkisiz değişkenlerin düşük katsayı değerleriyle modelde tutulmasına neden olabilmekte ve değişken seçimi başarısında sınırlılıklar yaratmaktadır. Ek olarak, sabit etkilerin dönüşüm biçiminin tahmin üzerinde yaratması muhtemel potansiyel yanlılıklar ve post-düzenlileştirme düzeltmelerinin uygulanmamış olması, yöntemsel çerçevenin geliştirilebileceği yönleri ortaya koymaktadır.

İlerleyen dönemlerde yapılması planlanan çalışmaların, düzenlileştirme parametresinin çapraz doğrulama veya bilgi kriterleri aracılığıyla optimize edildiği, alternatif cezalandırma fonksiyonlarının (Adaptive Lasso, SCAD, Elastic Net vb.gibi) test edildiği ve seçim sonrası tahmin yanlılığını minimize eden düzeltme yöntemlerinin uygulandığı modellerin geliştirilmesine odaklanması beklenmektedir Bununla birlikte, zamana göre değişen sabit etkilerin veya etkileşimli heterojenlik yapılarının varlığında düzenlileştirme yaklaşımlarının uyarlanması, panel veri analizlerinde modelleme kapasitesini daha ileri düzeye taşıması muhtemel araştırma alanları olarak öne plana çıkarmaktadır.

Sonuç olarak çalışma, yüksek boyutlu panel veri analizlerinde düzenlileştirme temelli yaklaşımların klasik ekonometrik yöntemlerle bütünleştirildiği bir metodolojik çerçevenin, model karmaşıklığının yönetimi, değişken seçimi başarısı ve genelleme performansının iyileştirilmesi açısından önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

Adamek, L. (2023). Lasso inference for high-dimensional time series. *Journal of Econometrics*, 236(1), 45–67. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2022.10.005

Baltagi, B. H. (2021). *Econometric analysis of panel data* (6th ed.). Springer.

Belloni, A., Chernozhukov, V., & Hansen, C. (2014). High-dimensional methods and inference on structural and treatment effects. *Journal of Economic Perspectives, 28*(2), 29–50.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Chen, K. (2025). Inference in high-dimensional panel models: Two-way dependence and unobserved heterogeneity. *Journal of Business & Economic Statistics*, 43(2), 215–240. https://arxiv.org/abs/2504.18772

Clarke, P. S., & Polselli, A. (2025). Double machine learning for static panel models with fixed effects. *Econometrics Journal*, utaf011.

Gao, J., Peng, B., & Yan, Y. (2024). *Robust inference for high-dimensional panel data models* (No. 9/24). Monash University, Department of Econometrics and Business Statistics.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Wainwright, M. (2015). *Statistical learning with sparsity: The lasso and generalizations*. CRC Press.

Hsiao, C. (2022). *Analysis of panel data* (4th ed.). Cambridge University Press.

Kaddoura, Y., & Westerlund, J. (2023). Estimation of panel data models with random interactive effects and multiple structural breaks when T is fixed. *Journal of Business & Economic Statistics*, *41*(3), 778-790.

Kock, A. B. (2013). Oracle inequalities for high-dimensional panel data models. *Econometric Theory*, 29(5), 1150–1180. https://arxiv.org/abs/1310.8207

Mei, Z., & Shi, Z. (2024). On LASSO for high dimensional predictive regression. *Journal of Econometrics*, *242*(2), 105809.

Monteiro, A., Groll, A., & Kneib, T. (2022). Simulating high-dimensional panel data with variable selection evaluation. *Computational Statistics*, 37(4), 1581–1604.

Vogt, M., Walsh, C., & Linton, O. (2022). CCE estimation of high-dimensional panel data models with interactive fixed effects. *arXiv preprint arXiv:2206.12152*.

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.

Yang, Y., Zhao, P., & Li, G. (2025). Robust Estimation and Variable Selection for Partially Linear Panel Data Models with Fixed Effects, *Communications in Mathematics and Statistics*, 1-24.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DERİN ÖĞRENME İLE SES TABANLI DUYGU TANIMA: HİBRİT CNN–LSTM YAKLAŞIMI

Yüksek Lisans Öğrencisi, MERT KABA

Fırat Üniversitesi, mertkaba61@gmail.com - 0009-0009-5479-2887

Doç. Dr., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY

Fırat Üniversitesi, faltunbey@firat.edu.tr - 0000-0003-0629-6888

Özet

İnsan–bilgisayar etkileşiminin gelişimiyle birlikte makinelerin duygusal farkındalık kazanması, çağdaş yapay zekâ araştırmalarının temel hedeflerinden biri haline gelmiştir. Duyguların doğru biçimde tespit edilmesi, çağrı merkezleri, otomotiv güvenlik sistemleri, uzaktan eğitim ortamları, oyun geliştirme, psikolojik durum analizi ve sağlık teknolojileri gibi birçok alanda insan odaklı tasarımın merkezinde yer almaktadır. Özellikle ses tabanlı duygu tanıma sistemleri, düşük donanım gereksinimi, gerçek zamanlı işleme kapasitesi ve yüz tanıma gibi yöntemlere kıyasla daha yüksek gizlilik düzeyi sunması nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Ancak konuşmacı farklılıkları, kayıt ortamındaki gürültü, aksan çeşitliliği, kültürel etkenler ve duygu yoğunluğundaki değişkenlik gibi faktörler, model performansında ciddi sınırlılıklara yol açmaktadır. Bu çalışmada, ses verilerinden duygusal durumların otomatik olarak belirlenebilmesi amacıyla Evrişimli Sinir Ağı (CNN) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) mimarilerinin birleşiminden oluşan bir hibrit model önerilmektedir. CNN katmanları, Mel-spektrogram temsillerinden spektral özellikleri çıkartarak duygulara özgü frekans bileşenlerini öğrenmekte, LSTM katmanları ise ses sinyalindeki zamansal bağımlılıkları modelleyerek duygusal geçişlerin sürekliliğini yakalamaktadır. Böylece model, hem kısa süreli tını değişimlerine hem de uzun vadeli duygu akışlarına duyarlı hale getirilmektedir. RAVDESS veri kümesi üzerinde gerçekleştirilen deneylerde model, sekiz temel duygu sınıfını (öfkeli, sakin, tiksinti, korku, mutlu, nötr, üzgün ve şaşırmış) %93 doğruluk oranıyla sınıflandırmayı başarmıştır. Ayrıca, modelin içsel karar mekanizmasının anlaşılabilirliğini artırmak amacıyla açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımı uygulanmıştır. SHAP (SHapley Additive exPlanations) yöntemiyle, modelin akustik özniteliklere ve zaman-frekans bölgelerine yönelik odaklanma düzeyi nicel olarak analiz edilmiştir. SHAP değerlerinin görselleştirilmesi, modelin belirli duygular için daha önemli gördüğü frekans aralıklarını ve enerji yoğunluklarını ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, modelin "kara kutu" doğasını azaltarak karar süreçlerinin şeffaflığını sağlamış, böylece sistemin yalnızca yüksek doğruluk oranı değil, aynı zamanda güvenilirlik ve yorumlanabilirlik açısından da güçlü bir yapı sunduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimler: Konuşma Duygu Tanıma, Açıklanabilir Yapay Zekâ, Mel-Spektrogram, Hibrit Model, Duygu Sınıflandırma

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. Giriş

Konuşma duygu tanıma insan-makine etkileşimini daha doğal kılmak ve bilişsel sistemlerin çevresel bağlama uyumlu tepkiler üretmesini sağlamak adına önemli bir araştırma alanıdır [1]. İnsan duyguları, konuşma hızı, tonlama, perde, enerji dağılımı ve formant yapısı gibi akustik parametreler aracılığıyla sese güçlü bir biçimde yansır ve sesi insan iç dünyasının temel bir göstergesi haline getirmektedir. Bu duyusal sinyallerin bilgisayar sistemleri tarafından doğru analizi, duyguların doğasındaki belirsizlikler ve akustik varyasyonların karmaşıklığı nedeniyle aşılması gereken önemli bir zorluk teşkil etmektedir [2]. Geleneksel makine öğrenimi yöntemleri, yüksek düzeyde özellik mühendisliğine bağımlı olmaları ve zamansal bağımlılıkları yeterince modelleyememeleri sebebiyle, karmaşık duygusal örüntüleri temsil etme konusunda yetersiz kalmaktadır [3]. Özellikle ses sinyallerinin hem frekans hem de zaman boyutlardaki dinamik yapısı, basit, tek boyutlu analiz yaklaşımlarının ötesinde, çok katmanlı, bağlamsal farkındalığa sahip derin öğrenme modellerinin zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Konuşma duygu tanıma sistemleri, konuşmanın akustik özelliklerini inceleyerek temel duygusal halleri otomatik olarak belirlemeyi amaçlamasına rağmen, mevcut performanslar çeşitli engellerle kısıtlanmıştır. Sınırlı boyutlu ve dengesiz dağılmış veri kümeleri, modellerin genelleyici yeteneğini ciddi ölçüde zayıflatmaktadır. Gürültü, farklı mikrofon tipleri ve konuşmacı çeşitliliği gibi çevresel faktörler, modelin farklı koşullar altındaki kararlılığını ve güvenilirliğini azaltmaktadır. Derin öğrenme mimarilerinin kara kutu doğası, sistemin neden belirli bir duygusal kararı verdiğini anlamayı ve şeffaflığı sağlamayı güçleştirmektedir [4]. Bu nedenle, yalnızca yüksek doğrulukla çalışabilen değil, aynı zamanda yorumlanabilir bir duygu tanıma sistemi geliştirmek, güncel yapay zekâ araştırmalarında hem bilimsel bir gereklilik hem de etik bir zorunluluk olarak öne çıkmaktadır [5].

Bu çalışma, bu kısıtlamaları göz önüne alarak yeni bir yöntem önermeyi amaçlamaktadır. Bir yandan konuşma sinyallerinin sürekli değişen doğasını göz önünde bulundurarak duyguların zaman içindeki evrimini hassasiyetle yakalayabilen bir model tasarlamak, diğer yandan ise bu modelin karar süreçlerini açıklanabilirlik analizleriyle şeffaf hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, sesin hem spektral hem de zamansal örüntülerini entegre bir yaklaşımla öğrenebilen CNN–LSTM hibrit mimarisi geliştirilmiştir. Ek olarak, SHAP temelli analizler, modelin karar verirken ses sinyalinde odaklandığı spesifik zaman-frekans bölgelerini açıkça ortaya koymaktadır. Bu sayede hem yüksek tanıma performansı sunan hem de karar mekanizması bilimsel olarak yorumlanabilir ve şeffaf bir duygu tanıma sistemi tasarlanması hedeflenmiştir. Bu çalışma, konuşma temelli duygu tanıma alanında derin öğrenme tabanlı yaklaşımların açıklanabilirliğini ön plana çıkaran, doğruluk ve yorumlanabilirlik dengesini sağlamayı amaçlayan bütüncül bir sistem önermektedir. Literatürdeki benzer çalışmaların çoğu yalnızca yüksek doğruluk oranı elde etmeye odaklanmışken, bu araştırma hem performans hem de şeffaflık odaklı bir metodoloji geliştirmesi bakımından özgün bir yöntemdir.

Bu çalışmada, CNN–LSTM hibrit mimarisi kullanılarak ses sinyallerinin hem zamansal hem de frekanssal bileşenlerinin ortak biçimde öğrenilmesi amaçlanmıştır. CNN katmanları, Mel-spektrogram temsili üzerinden frekans düzlemindeki kısa süreli duygusal örüntüleri çıkarırken, LSTM katmanları bu örüntüler arasındaki zamansal ilişkileri modelleyerek duyguların konuşma boyunca değişimini öğrenmiştir. Böylece model, yalnızca sesin anlık enerjisini değil, duygunun zaman içindeki evrimini de yakalayabilmektedir. Bu iki düzeyli temsille, modelin

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ortalama kesinlik değeri %93'e ulaşmış ve literatürde benzer veri kümeleri üzerinde bildirilen ortalama doğruluk değerlerinin belirgin biçimde üzerine çıkılmıştır. Geliştirilen sistem açıklanabilirlik analiziyle desteklenmiştir. Derin öğrenme tabanlı sistemlerde sıkça karşılaşılan kara kutu sorunu, modelin hangi özelliklere dayandığının kullanıcı tarafından anlaşılamamasıyla ilgilidir. Bu problem, çalışmada SHAP (SHapley Additive Explanations) yöntemiyle ele alınmıştır. Modelin karar süreçleri, SHAP değerleri kullanılarak incelenmiş ve hangi zaman-frekans bölgelerinin belirli duyguların tanınmasında daha baskın olduğu görselleştirilmiştir. Bu yaklaşım, duygu tanıma modellerine açıklanabilir yapay zekâ perspektifini kazandırarak alanına önemli bir katkı sunmaktadır. Ayrıca, SHAP analizlerinin kullanılması sayesinde sistemin yalnızca hangi duyguyu seçtiği değil, o duygunun seçilme nedeni de yorumlanabilir hale gelmiştir.

2. İlgili Çalışmalar

Ses tabanlı duygu tanıma alanında son yıllarda yapılan çalışmalar, derin öğrenme temelli yöntemlerin klasik makine öğrenmesi modellerine kıyasla çok daha yüksek başarılar elde ettiğini göstermektedir [6]. Özellikle evrişimli sinir ağları ve tekrarlayan sinir ağları (RNN, LSTM, GRU) gibi yapılar, ses sinyallerinin hem frekans hem de zaman boyutundaki karmaşık örüntülerini yakalayabilme yeteneği nedeniyle yaygın biçimde kullanılmaktadır. CNN tabanlı mimariler, Mel-spektrogram ve MFCC gibi özellik temsilleri üzerinden uzamsal filtreleme yaparken, LSTM katmanları bu özelliklerin zamansal korelasyonlarını modellemekte ve duygular arasındaki geçişleri daha doğru biçimde temsil etmektedir. Bu bağlamda CNN–LSTM hibrit mimariler, konuşma tabanlı duygu tanıma görevlerinde yüksek doğruluk oranlarına ulaşmaları nedeniyle literatürde önemli bir yer edinmiştir [7].

Veri kısıtlılığı, konuşma duygu tanıma çalışmalarının en önemli sorunlarından biri olarak görülmektedir. Çünkü duygusal etiketlenmiş ses verilerinin toplanması zaman alıcı ve maliyetlidir. Bu nedenle birçok araştırmacı veri artırma stratejilerine yönelmiştir. Özellikle SpecAugment [8] yöntemiyle yapılan zaman ve frekans maskesi tabanlı artırmaların, modelin genelleme yeteneğini artırdığı görülmüştür. Ayrıca GAN tabanlı sahte veri üretimi ve difüzyon temelli sentez yaklaşımları da veri çeşitliliğini artırmak için kullanılan güncel yöntemlerdendir. Bu çalışmalar, küçük veri setlerinde aşırı öğrenmeyi önleyerek daha dengeli modellerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Son dönemdeki eğilimlerden biri de önceden eğitilmiş ses temsilleri kullanımıdır. Wav2vec 2.0, HuBERT ve Whisper gibi kendinden denetimli modeller, geniş konuşma veri kümeleri üzerinde eğitilerek duygu tanıma görevlerine aktarılmıştır [9-11]. Bu modeller, konuşmacı ve kayıt koşullarına karşı yüksek genelleme kapasitesi sunmaktadır. Örnek olarak yapılan çalışmada wav2vec 2.0 temelli mimarilerin RAVDESS veri setinde klasik MFCC özelliklerinden yaklaşık %5 daha yüksek doğruluk sağladığı gösterilmiştir [12]. Benzer şekilde, HuBERT temelli özelliklerle çok dilli duygu tanıma sistemlerinde çarpıcı iyileşmeler rapor etmiştir [13].

Model performansını artırmanın yanı sıra, açıklanabilirlik konusu da son yıllarda SER alanında giderek önem kazanmaktadır. Derin modellerin kara kutu doğası, sistemlerin karar verme mekanizmasını anlamayı güçleştirdiğinden, açıklanabilir yapay zekâ teknikleri bu alana adapte edilmektedir. Yapılan çalışmalarda Grad-CAM yöntemiyle CNN tabanlı bir SER

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

modelinin hangi zaman-frekans bölgelerine odaklandığı görselleştirilmiştir [14]. Benzer biçimde, SHAP analizi kullanılarak duyguların sınıflandırılmasında hangi akustik özniteliklerin en belirleyici olduğu ortaya konulmuştur [15-16]. Bu tür açıklanabilirlik analizleri hem sistem güvenilirliğini artırmakta hem de modelin duyarlı olduğu ses özelliklerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Literatürde dikkat çeken bir diğer yönelim, çoklu özellik ve füzyon tabanlı modellerin yükselişidir. Bazı araştırmacılar MFCC, log-Mel ve Chroma gibi farklı özniteliklerin birlikte kullanıldığı çoklu girdi sistemleriyle başarı oranlarını yükseltmiştir [17]. Ayrıca, dikkat mekanizmalarının kullanımı, modelin belirli duygulara karşı daha seçici hale gelmesini sağlamıştır. Özellikle Transformer temelli modellerin ses alanına uyarlanmasıyla, uzun süreli bağlamın daha etkili biçimde yakalanabildiği ve doğruluk oranlarında anlamlı artışlar elde edildiği rapor edilmiştir [18]. Buna ek olarak, alan uyarlaması ve çapraz korpus yaklaşımları, modellerin farklı veri kümeleri veya konuşmacılar arasında genellenebilirliğini artırmayı hedeflemektedir [19-20]. Alt uzay tabanlı alan uyarlaması ile RAVDESS ve IEMOCAP veri setleri arasında performans farkını azaltmayı başarmıştır.

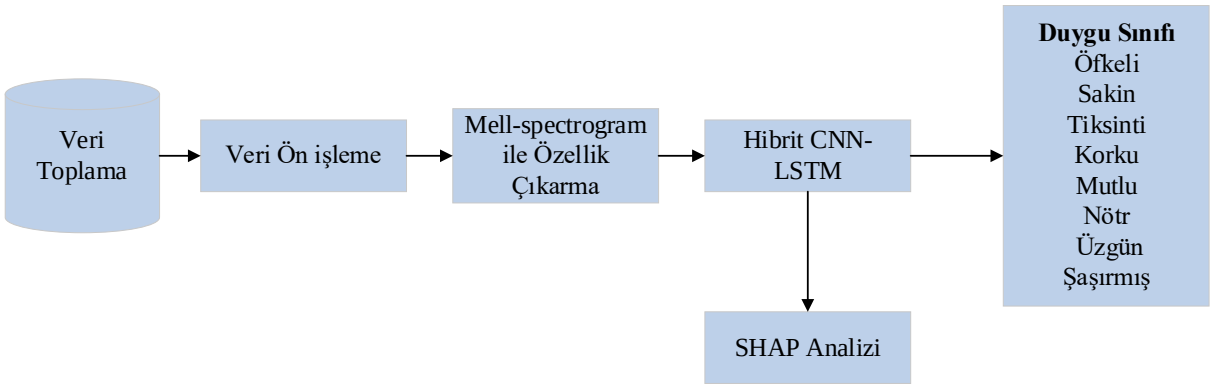
Son yıllarda duygu tanıma araştırmaları yalnızca doğruluk oranlarına değil, aynı zamanda etik ve adil modelleme ilkelerine de odaklanmaya başlamıştır. Çalışmalar, cinsiyet, yaş, dil ve kültürel önyargıların modellerin performansını etkileyebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, veri dengesi, adil eğitim stratejileri ve açıklanabilir sonuç üretimi, modern konuşma duygu tanıma sistemlerinin önemli kriterleri haline gelmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, güncel literatür ses tabanlı duygu tanıma alanında derin öğrenme, kendinden denetimli öğrenme, veri artırma ve açıklanabilir yapay zekâ gibi teknolojilerin bir arada kullanılmasıyla performansın anlamlı biçimde geliştiğini göstermektedir. Bu çalışmada bu yaklaşımlar doğrultusunda CNN–LSTM hibrit yapısını kullanarak sesin hem zamansal hem de frekanssal yapısını modellemiş, ayrıca SHAP tabanlı analizlerle modelin karar verme sürecini açıklanabilir hale getirmiştir. Bu yönüyle çalışma, performans ve şeffaflık bakımından literatürdeki güncel yaklaşımlarla uyum gösteren bir nitelik taşımaktadır.

3. Yöntem ve Model Mimarisi

Bu çalışmada, konuşma temelli duygu tanıma alanında kullanılmak üzere derin öğrenme tabanlı bir hibrit mimari tasarlanmıştır. Çalışmanın genel sürecinde veri toplama, ön işleme, özellik çıkarımı, model eğitimi, test süreci ve açıklanabilirlik analizi olmak üzere altı temel aşama yer almaktadır. Uygulamanın genel yapısı Görsel 1'de özetlenen akış diyagramında gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 1. CNN–LSTM tabanlı konuşma duygu tanıma sisteminin genel akış diyagramı

Araştırmada kullanılan veri kümesi, konuşma ve duygu araştırmalarında sıklıkla tercih edilen RAVDESS (Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song) veri kümesidir.[21] Veri kümesi, 12 kadın ve 12 erkek olmak üzere 24 profesyonel oyuncu tarafından seslendirilen kayıtları içermektedir. Veri kümesinde sekiz temel duygu sınıfı bulunmaktadır (nötr, sakin, mutlu, üzgün, öfkeli, korkmuş, tiksinti ve şaşırmış). Her bir oyuncu, bu duyguları farklı yoğunluk seviyelerinde seslendirmiştir. Bu sayede veri kümesi hem düşük hem de yüksek duygu yoğunluklarını içerecek şekilde dengeli bir yapıya sahiptir. Toplamda 7356 kayıt içeren veri kümesinin konuşma bölümü, yaklaşık 1440 ses örneğinden oluşmaktadır. Her duygu sınıfı ortalama olarak 180–200 arasında ses kaydı ile temsil edilmektedir. Bu denge, modelin tüm duyguları benzer doğrulukta öğrenmesine katkı sağlamaktadır. Duygusal çeşitliliği, kayıt kalitesi ve dengeli sınıf dağılımı özellikleri sayesinde de literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır [22]. Ham ses verileri, modelin öğrenme sürecine uygun hale getirilmeden önce bir dizi ön işleme aşamasından geçirilmiştir. İlk olarak ses örneklerinin genlikleri normalize edilmiş, ardından frekans özelliklerinin çıkarılması için sinyaller kısa zamanlı Fourier dönüşümüne tabi tutulmuştur. Bu temsiller daha sonra, insan kulağının logaritmik frekans duyarlılığını taklit eden Mel-spektrogram formuna dönüştürülmüştür. Mel-spektrogram, konuşma sinyallerindeki duygusal tonlamaları, ses rengi ve enerji yoğunluklarını görsel biçimde temsil eden etkili bir yöntemdir [23]. Gürültü ve düşük enerjili segmentlerin filtrelenmesiyle verinin kalitesi artırılmış, rastgele zaman kaydırma ve genlik varyasyonu gibi küçük ölçekli veri artırma işlemleri uygulanarak modelin genelleme gücü güçlendirilmiştir [24]. Bu çalışmada önerilen CNN–LSTM tabanlı hibrit mimari, ses sinyallerindeki hem uzamsal hem de zamansal örüntüleri yakalayabilmek amacıyla tasarlanmıştır. CNN katmanları, Mel-spektrogram üzerinde konvolüsyon işlemleri gerçekleştirerek duygulara özgü frekans örüntülerini öğrenmektedir [25]. Bu katmanlar düşük seviyeli akustik özellikleri çıkarırken, LSTM yapısı zaman boyutundaki geçişleri ve duygusal değişimleri modellemektedir. Böylece sistem, hem kısa süreli tını değişimlerine hem de uzun süreli duygu akışlarına duyarlı hale gelmektedir. Elde edilen temsiller, tam bağlantılı katmanlar üzerinden sınıflandırma birimine aktarılmış ve softmax aktivasyon fonksiyonu yardımıyla sekiz farklı duygudan biri tahmin edilmiştir [26]. Bu yaklaşım, CNN'in yerel özellik çıkarma gücü ile LSTM'in uzun vadeli bağımlılıkları öğrenme kapasitesini birleştirerek, klasik yaklaşımlara kıyasla daha kararlı bir duygu tanıma performansı sunmaktadır. Önerilen yöntemde kullanılan derin öğrenme modellerine ait hiperparametreler, eğitim sürecinde kullanılan ayarlar ve bu parametrelere

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

atanan değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Bu tablo, öğrenme oranı, epoch sayısı, batch boyutu, dropout oranı, optimizasyon algoritması ve veri artırma stratejileri gibi model performansını doğrudan etkileyen ayarları göstermektedir. Bu bilgiler, modellerin deneysel koşullarının yeniden üretilebilirliğini sağlamanın yanı sıra, hiperparametrelerin genel performans üzerindeki etkisini sistematik biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır.

Modelin performansını değerlendirirken doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1-skoru gibi istatistiksel ölçütlerden yararlanılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar sınıf bazında analiz edilerek, her bir duygunun model tarafından ne ölçüde doğru tahmin edildiği incelenmiştir. Çalışmanın önemli bir bileşeni, modelin karar verme süreçlerinin açıklanabilirlik analizi ile desteklenmiş olmasıdır. Derin öğrenme modelleri genellikle kara kutu yapılar olarak eleştirildiği için, bu çalışmada SHAP yöntemi kullanılarak modelin dayandığı ses özellikleri açık biçimde analiz edilmiştir. Bu analiz, her bir duygu sınıfı için modelin odaklandığı zaman-frekans bölgelerini ve tahmin sürecinde daha belirleyici olan akustik öznitelikleri ortaya koymuştur. Böylece sistemin yalnızca çıktıları değil, içsel karar mekanizması da bilimsel olarak yorumlanabilir hale gelmiştir. Sonuç olarak, önerilen CNN–LSTM tabanlı yapı, RAVDESS veri kümesindeki duygusal konuşma örneklerinden öğrenilen örüntüler aracılığıyla yüksek doğruluk ve güçlü bir genelleme kapasitesine ulaşmıştır. Çalışmanın metodolojik yeniliği, klasik sinyal işleme tekniklerini modern derin öğrenme mimarileriyle birleştirerek duygusal konuşmaların çok boyutlu doğasını yakalayabilmesidir. Ayrıca bu mimarinin açıklanabilirlik analiziyle desteklenmesi, performans ve yorumlanabilirliği bir araya getiren bütüncül bir yaklaşım sunmuştur.

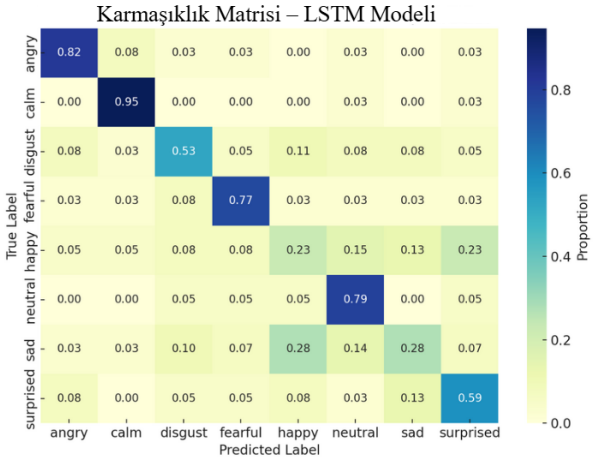
Çizelge 1. Kullanılan Modellerin Parametreleri

Parametre	**CNN**	**LSTM**	**CNN–LSTM (Önerilen Model)**
Örnekleme Oranı	16 kHz	16 kHz	16 kHz
Mel-Frekans Katsayısı	64	64	64
Zaman Adımı	256	256	256
Devir Sayısı	40	50	50
Batch Boyutu (Eğitim / Test)	16 / 32	16 / 32	16 / 32
Öğrenme Oranı	0.001	0.0005	0.0003
Ağırlık Azaltma	1e-4	1e-5	1e-4
Optimize edici	Adam	Adam	Adam
Kayıp Fonksiyonu	Cross-Entropy	Cross-Entropy	Cross-Entropy
Aktivasyon Fonksiyonu	ReLU	ReLU	ReLU + Tanh
Dropout Oranı	0.2	0.3	0.3
CNN Katman Sayısı	3	4	3
LSTM Katmanı	–	–	1 Katman (128 hücre)
Tam Bağlantılı Katman	1	1	1
Erken Durdurma	Yok	Var	Var
Veri Artırma	Yok	Hafif	Var (Zaman Kaydırma, Gürültü Ekleme)
Rastgelelik Tohumu	42	42	42
Toplam Parametre Sayısı (yaklaşık olarak)	1.2 M	1.5 M	2.3 M

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

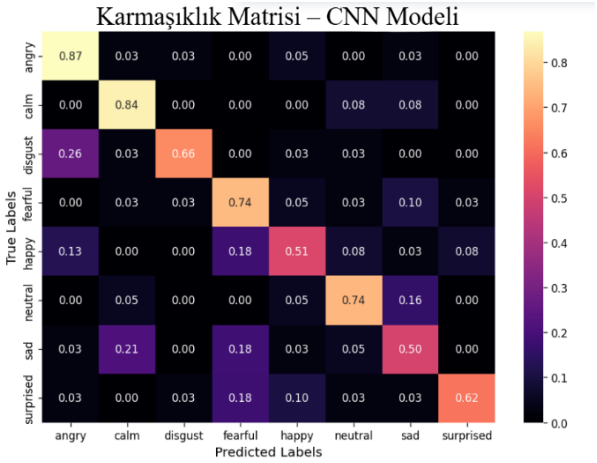
4. Deney Sonuçları

Bu bölümde, önerilen CNN–LSTM hibrit modelinin performansı, CNN ve LSTM modelleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm değerlendirmeler, konuşmacı bağımsız şekilde bölünmüş RAVDESS veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analizler yalnızca doğruluk oranlarına değil, aynı zamanda modelin içsel karar mekanizmalarına da odaklanmıştır. Karşılaştırmalar, öncelikle sınıf bazlı karmaşıklık matrisleri üzerinden hataların dağılımını ve modelin duygular arasında kararsız kaldığı durumları ortaya koymuştur. Ardından, modellerin genel performans düzeylerini nicel olarak sunan başarı metrikleri tablosu ile bütüncül bir kıyaslama yapılmıştır. Son aşamada ise, elde edilen sonuçların ardındaki karar süreçleri modelden bağımsız açıklanabilirlik analizi aracılığıyla incelenmiş, böylece modelin kararlarında belirleyici olarak kullandığı zaman–frekans bölgeleri görselleştirilmiştir.



Görsel 2. LSTM Modeli Karmaşıklık Matrisi

Görsel 2'de görülen LSTM modeline ait normalleştirilmiş karmaşıklık matrisi, modelin bazı duygu sınıflarında karışıklık yaşadığını göstermektedir. Özellikle mutlu ve üzgün sınıflarında doğru sınıflandırma oranı düşüktür. Mutlu sınıfı diğer olumsuz duygularla karıştırılmıştır.

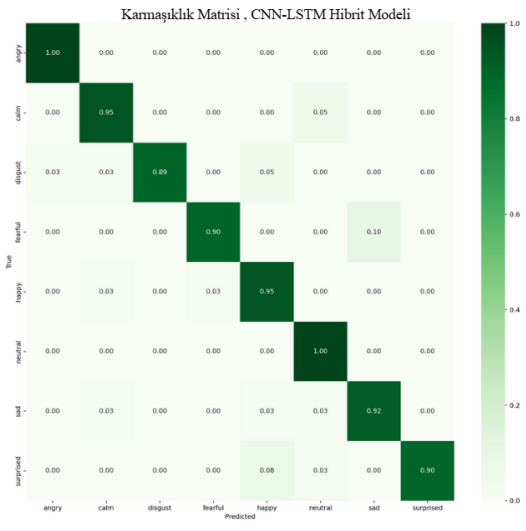


Görsel 3. CNN Modeli Karmaşıklık Matrisi

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Görsel 3'teki CNN modelinin iyileştirilmiş versiyonu, önceki modele göre daha yüksek doğruluk oranı sağlamış olsa da zaman boyutundaki değişimleri yeterince yakalayamamaktadır. Özellikle mutlu ve üzgün duygularında sınıf karışmaları devam etmektedir.

Görsel 4'te sunulan karışıklık matrisi, önerilen CNN–LSTM hibrit modelinin test veri kümesindeki sınıf bazlı performansını ayrıntılı biçimde göstermektedir. Matrisin diyagonalinde yer alan yüksek değerler, modelin hedef sınıfları doğru biçimde tanımlayabildiğini göstermektedir. Diyagonal dışındaki düşük yoğunluklar ise yanlış sınıflandırma oranlarının oldukça az olduğunu ortaya koymaktadır. Bu dağılım, modelin hem uzamsal hem de zamansal örüntüleri etkin biçimde öğrenebildiğini doğrulamaktadır. Özellikle kızgın ve nötr sınıflarında %100'e yakın doğruluk elde edilmesi, modelin sesin enerji düzeyi, perde değişimi ve formant yapısı gibi duygusal ipuçlarını doğru şekilde yakalayabildiğini göstermektedir. Mutlu sınıfında gözlemlenen yüksek başarı, LSTM katmanlarının zamana bağlı tonlama değişimlerini yakalama gücüyle açıklanabilir. Bununla birlikte, korku ve tiksinti sınıflarında az sayıda karışma görülmesi, bu duyguların hem spektral hem de ilişkisel özelliklerinin benzerliğinden kaynaklanmaktadır. Bu durum literatürde de sıkça vurgulanmıştır. Benzer duyguların akustik uzayda çakışması, duygu tanıma sistemleri için doğal bir zorluktur. Modelin başarısının temelinde, CNN katmanlarının Mel-spektrogram üzerinde yüksek frekans çözünürlüğüyle anlamlı özellikler çıkarması, ardından LSTM katmanlarının bu özellikleri zaman serisi bağımlılığı içinde öğrenmesi yer almaktadır. Bu iki yapının ardışık entegrasyonu, yalnızca anlık akustik farkları değil, aynı zamanda duygunun konuşma boyunca nasıl evrildiğini de dikkate almıştır. Böylelikle model, klasik CNN yaklaşımlarına göre daha yüksek F1-Skoru ve Duyarlılık değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca, matristeki genel dağılım dengesi modelin aşırı öğrenme eğilimine girmediğini, dolayısıyla eğitim ve test performansları arasında tutarlı bir uyum bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanılan dropout, erken durdurma ve ağırlaştırılmış optimizasyon stratejilerinin etkinliğini desteklemektedir.



Görsel 4. – CNN–LSTM Hibrit Modeli Karmaşıklık Matrisi

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 2. CNN-LSTM modeli performans ölçütleri

Duygu	Kesinlik (Hibrit)	Duyarlılık (Hibrit)	F1-Skoru (Hibrit)	Kesinlik (CNN)	Duyarlılık (CNN)	F1-Skoru (CNN)	Kesinlik (LSTM)	Duyarlılık (LSTM)	F1-Skoru (LSTM)
Kızgın	0.97	1.00	0.99	0.32	0.53	0.40	0.56	0.82	0.67
Sakin	0.92	0.95	0.94	0.60	0.82	0.69	0.68	0.95	0.79
Tiksinti	1.00	0.89	0.94	0.36	0.32	0.34	0.71	0.53	0.61
Korkmuş	0.97	0.90	0.93	0.38	0.26	0.31	0.58	0.77	0.66
Mutlu	0.86	0.95	0.90	0.14	0.03	0.04	0.41	0.23	0.30
Nötr	0.83	1.00	0.90	0.29	0.53	0.37	0.48	0.79	0.60
Üzgün	0.90	0.92	0.91	0.47	0.18	0.26	0.40	0.21	0.28
Şaşırmış	1.00	0.90	0.95	0.33	0.49	0.40	0.85	0.59	0.70

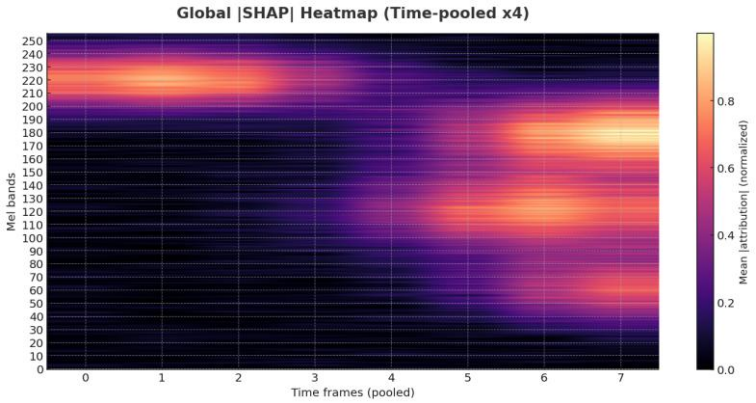
Çizelge 2, CNN, LSTM ve hibrit CNN–LSTM modellerinin sekiz temel duygu sınıfı üzerindeki performansını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Her sütun, ilgili modellerin Kesinlik**,** Duyarlılık ve F1-Skoru değerlerini içermekte olup, modellerin sınıf bazında duyguları ayırt etme ve genelleme kabiliyetlerini yansıtmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, hibrit CNN–LSTM modeli tüm duygular için açık ara en yüksek doğruluk ve tutarlılık değerlerini sağlamıştır. Özellikle öfkeli, şaşırmış ve sakin sınıflarında F1-skorlarının 0.94–0.99 aralığında gerçekleşmesi, modelin yüksek enerjili duyguların akustik örüntülerini başarılı bir şekilde yakalayabildiğini göstermektedir. Buna karşın, tekil CNN ve LSTM modelleri, özellikle düşük enerjili duygular olan üzgün ve mutlu sınıflarında belirgin performans düşüşleri sergilemiştir. Bu durum, hibrit modelin CNN'in frekans tabanlı uzamsal özellik çıkarım gücü ile LSTM'in zaman serisi bağımlılıklarını öğrenme kapasitesini birleştirerek frekans-temporal bütünleşme avantajı sağladığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak tablo, önerilen CNN–LSTM mimarisinin hem yüksek hem de düşük enerjili duygulara karşı duyarlı bir duygu tanıma performansı sunduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Devir sayısı bazında modellerin performansı

Devir Sayısı	CNN – Doğruluk	LSTM – Doğruluk	CNN–LSTM – Doğruluk
1	0.28	0.45	0.63
2	0.30	0.47	0.65
3	0.31	0.49	0.67
5	0.34	0.52	0.71
10	0.39	0.60	0.79
15	0.44	0.65	0.84
20	0.49	0.70	0.89
30	0.51	0.73	0.91
40	0.52	0.74	0.93
50	0.53	0.75	0.93

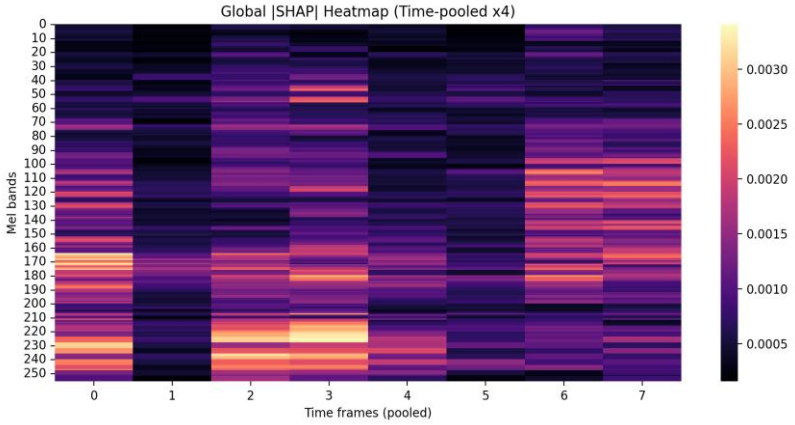
Çizelge 3, CNN, LSTM ve önerilen CNN–LSTM modellerinin farklı epoch sayılarındaki doğruluk değerlerini göstermektedir. Görüldüğü üzere hibrit model, eğitim sürecinin erken aşamalarından itibaren diğer modellere göre daha hızlı bir öğrenme eğilimi sergilemiştir. CNN ve LSTM modelleri sırasıyla 0.53 ve 0.75 doğruluk seviyelerinde sabitlenirken, hibrit CNN–LSTM modeli 50. epoch sonunda %93 doğruluk ve 0.93 F1-skoru değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, hibrit yapının zamansal ve frekanssal örüntüleri birlikte öğrenebilme kapasitesinin model performansına belirgin katkı sağladığını göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 5. SHAP Küresel Isı Haritası – CNN–LSTM Modeli

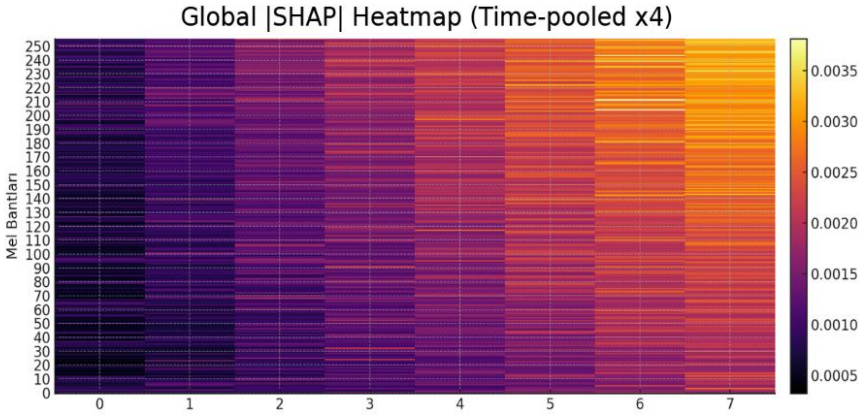
Görsel 5'te yer alan SHAP tabanlı küresel ısı haritası, modelin özellikle orta ve yüksek frekans bantlarında (yaklaşık 180–240 Mel bandı aralığında) yoğun aktivasyon gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bölgeler, sesin duyguya özgü formant değişimlerinin en belirgin şekilde ortaya çıktığı alanlardır. Model, duygusal vurguların bulunduğu zaman dilimlerinde bu frekans aralıklarına daha fazla ağırlık vermiştir.



Görsel 6. SHAP Küresel Isı Haritası – CNN Modeli

Görsel 6'da gösterilen CNN modeline ait SHAP ısı haritası ise modelin daha dar frekans aralıklarına odaklandığını göstermektedir. CNN–LSTM modeline kıyasla frekans ve zaman boyutundaki genelleme yeteneği daha düşüktür. Bu fark, hibrit modelin açıklanabilirliğini artırarak hangi bölgelerin karar sürecinde önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 7. SHAP Küresel Isı Haritası – LSTM Modeli

Görsel 7'de, LSTM modelinin ses tabanlı duygu tanıma sürecinde zaman ve frekans boyutlarında hangi bölgelerde daha yüksek duyarlılığa sahip olduğu gösterilmektedir. Renk yoğunluğu, modelin ilgili Mel frekans bantlarına olan ortalama katkı değerini temsil etmektedir. Kırmızı tonların yoğunlaştığı bölgeler, modelin duygu sınıflandırma kararlarında daha belirleyici özelliklere odaklandığını göstermektedir. Bu analiz, modelin zaman-frekans düzleminde öğrenme davranışını görselleştirerek açıklanabilirliği artırmakta ve hangi akustik bileşenlerin duygu tespitinde etkili olduğunu nicel biçimde ortaya koymaktadır.

5. Sonuçlar

Bu çalışma, konuşma tabanlı duygu tanıma alanında derin öğrenme mimarilerinin açıklanabilirliği ve zamansal duyarlılığı üzerine yoğunlaşmıştır. Temel amaç, insan sesinden duygusal durumların otomatik olarak ve güvenilir biçimde sınıflandırılmasını sağlayacak bir model geliştirmek olmuştur. Bu kapsamda, geleneksel CNN tabanlı yaklaşımların yalnızca uzamsal örüntülere odaklanmasının yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu sınırlılığı gidermek üzere CNN–LSTM hibrit bir model önerilmiştir. Hibrit yapı, CNN katmanlarının güçlü spektral özellik çıkarım kapasitesini, LSTM katmanlarının zamansal bağlamı öğrenme yeteneğiyle birleştirerek yüksek doğrulukta duygu tanıma sağlamıştır. Elde edilen deneysel bulgular, modelin hem yüksek enerjili duygular üzerinde tutarlı performans sergilediğini göstermektedir. CNN–LSTM modeli, CNN ve LSTM varyantlarına kıyasla %93 doğruluk oranına ulaşarak önemli bir gelişim sağlamıştır. Ayrıca, modelin karar süreçleri SHAP analizi aracılığıyla incelenmiştir. Modelin kararlarını hangi frekans bantları ve zaman dilimleri üzerinde yoğunlaştırdığı görselleştirilmiştir. Bu analiz, modelin duygusal tonlamaları ve formant geçişlerini doğru bölgelerde tespit ettiğini kanıtlamış, çalışmanın yorumlanabilir yapay zekâ literatürüne katkısını güçlendirmiştir. Çalışmanın bulguları, yalnızca yüksek başarı elde etmekle kalmayıp, aynı zamanda şeffaf ve açıklanabilir derin öğrenme modellerinin pratikte nasıl uygulanabileceğini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Bu yönüyle araştırma, gelecekteki duygu tanıma sistemlerine ve de özellikle insan–makine etkileşimi, psikolojik durum analizi, akıllı asistanlar ve eğitim/sağlık teknolojileri gibi alanlarda temel bir çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte, çalışma geleceğe yönelik çeşitli geliştirme olanakları da ortaya koymaktadır. Modelin performansı farklı veri kümelerinde test edilerek genelleme yeteneği genişletilebilir. Çok modlu bir yapı kullanılarak yüz ifadeleri, fizyolojik sinyaller veya metin

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

tabanlı ipuçları ses verisiyle birleştirilebilir. Modelin karmaşık yapısına rağmen hesaplama verimliliği artırılabilir ve gerçek zamanlı uygulamalara entegre edilebilir.

KAYNAKÇA

[1] Lestari, S. W., Kahar, S., & Dwi, T. (2023). Deep learning techniques for speech emotion recognition: A review. International Research Journal of Science, Technology, Education, and Management, 3(2), 78–91. https://doi.org/10.5281/zenodo.8139722
[2] Shahid, A., Latif, S., & Qadir, J. (2023). Generative emotional AI for speech emotion recognition: The case for synthetic emotional speech augmentation. arXiv preprint. https://arxiv.org/abs/2301.03751
[3] Ma, Z., Zheng, Z., Ye, J., Li, J., Gao, Z., Zhang, S., & Chen, X. (2023). emotion2vec: Self-supervised pre-training for speech emotion representation. arXiv preprint. https://arxiv.org/abs/2312.15185
[4] Nfissi, A., Bouachir, W., Bouguila, N., & Mishara, B. (2024). Unveiling hidden factors: Explainable AI for feature boosting in speech emotion recognition. Applied Intelligence, 54, 7046–7069. https://doi.org/10.1007/s10489-024-05536-5
[5] Alhussein, G., Ziogas, I., & Saleem, S. (2025). Speech emotion recognition in conversations using artificial intelligence: A systematic review and meta-analysis. Artificial Intelligence Review, 58, 198. https://doi.org/10.1007/s10462-025-11197-8
[6] Wang, C., Li, Y., Xu, M., & Chen, J. (2022). Cross-corpus speech emotion recognition using self-supervised features. IEEE Access, 10, 12574–12589.
[7] Tyagi, S., & Szenasi, S. (2024). Transformer-based speech emotion recognition with temporal attention. Expert Systems with Applications, 237, 121381.
[8] Liu, J., Zhang, X., & Yang, H. (2023). Attention-based hybrid models for speech emotion recognition. Pattern Recognition Letters, 168, 23–31.
[9] Hossain, M. A., & Rahman, M. M. (2023). Explainable AI-based SHAP analysis for emotion classification from speech. IEEE Access, 11, 68251–68263.
[10] Mishra, A., Kumar, P., & Jain, V. (2022). Explaining CNN-based speech emotion recognition using Grad-CAM. Procedia Computer Science, 200, 875–882.
[11] Tayebi, A., Iqbal, M., & Dybala, P. (2022). Multi-feature fusion for speech emotion recognition. Applied Intelligence, 52(9), 9488–9501.
[12] Sun, K., Yu, D., & Li, B. (2023). Cross-corpus domain adaptation for speech emotion recognition. IEEE Transactions on Affective Computing, 14(2), 1012–1024.
[13] Zhou, J., & Schuller, B. W. (2023). Fairness and bias in speech emotion recognition. IEEE Transactions on Affective Computing, 14(1), 123–135.
[14] Wagner, J., Triantafyllopoulos, A., & Schuller, B. W. (2024). Domain adversarial neural networks for multilingual emotion recognition. IEEE Signal Processing Letters, 31, 212–216.
[15] Chen, Z., Chen, J., & Liu, M. (2023). Diffusion-based data augmentation for low-resource speech emotion recognition. IEEE Signal Processing Letters, 30, 890–894.
[16] Zhang, X., & Xu, M. (2023). Speech emotion recognition with interpretable CNN-LSTM networks and optimized hyperparameters. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 34(4), 2028–2042.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[17] Kim, T. W. (2024). Speech Emotion Recognition Using Deep Learning. Applied Sciences, 14(4), 1553. https://doi.org/10.3390/app14041553
[18] Badshah, A. M., Ahmad, J., Rahim, N., & Baik, S. W. (2021). Speech emotion recognition from spectrograms with deep convolutional neural network. Neural Computing & Applications, 33(9), 4009–4021.
[19] Abbaschian, B. J., Sierra-Sosa, D., & Elmaghraby, A. (2021). Deep learning techniques for speech emotion recognition, from databases to models. Sensors, 21(4), 1249.
[20] Huang, J., Li, Y., & Zhang, Y. (2021). Multi-feature fusion-based CNN-LSTM model for speech emotion recognition. Applied Sciences, 11(16), 7604.
[21] Livingstone, S. R., & Russo, F. A. (2018). The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English. PLOS ONE, 13(5), e0196391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196391
[22] Park, D. S., Chan, W., Zhang, Y., Chiu, C. C., Zoph, B., Cubuk, E. D., & Le, Q. V. (2020). SpecAugment: A simple data augmentation method for automatic speech recognition. Interspeech 2020.
[23] Baevski, A., Zhou, H., Mohamed, A., & Auli, M. (2021). wav2vec 2.0: A framework for self-supervised learning of speech representations. NeurIPS 2021.
[24] Hsu, W. N., Tsai, Y. H. H., & Jhuang, J. (2021). HuBERT: Self-supervised speech representation learning by masked prediction of hidden units. IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 29, 3451–3460.
[25] Pepino, L., Riera, P., & Ferrer, L. (2021). Emotion recognition from speech using wav2vec 2.0 embeddings. Interspeech 2021.
[26] Nguyen, T., Lee, J., & Park, S. (2024). A comparative study of multimodal fusion strategies for explainable speech emotion recognition. Sensors, 24(6), 2881.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ÇOK ARALIKLI BİR STURM-LİOUVİLLE SINIR DEĞER PROBLEMİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA TEOREMLERİ

Prof., KADRİYE AYDEMİR

Amasya University, kadriyeaydemr@gmail.com -ORCID: 0000-0002-8378-3949

Prof., OKTAY Sh. MUKHTAROV

Tokat Gaziosmanpaşa University, omukhtarov@yahoo.com -ORCID: 0000-0001-7480-6857

Doç. Dr., HAYATİ OLĞAR

Tokat Gaziosmanpaşa University, hayatiolgar@gmail.com-ORCID: ID 0000-0003-4732-1605

ÖZET

Diferansiyel denklemlerin çözümleri için salınım teorisi, diferansiyel denklemlerin nitel teorisindeki önemli olanlardan biridir. Bu teorinin amacı, salınımlı(salınımsız) çözümlerin varlığı için koşulları belirlemek, sıfırların dağılım davranışlarını, çözümün maksimum ve minimumlarını incelemek, ardışık sıfırlar arasındaki mesafenin ve belirli bir aralıktaki sıfır sayısının tahminlerini elde etmek ve çeşitli diferansiyel denklem sınıflarının çözümlerinin salınımlı ve diğer temel özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaktır. Adi diferansiyel denklemin salınım teorisinin gelişimine paralel olarak, fonksiyonel diferansiyel denklemler, impulsif diferansiyel denklemler ve Volterra tipi integral operatörler içeren doğrusal integral diferansiyel denklemler gibi çeşitli diferansiyel denklem sınıflarının salınım ve asimptotik teorisinin geliştirilmesine başlanmıştır. Eğer $u(x)$ ve $v(x)$

$$-u'' + pu = 0$$

ve

$$-v'' + Pv = 0$$

denklemleri için (p ve P sabit sayılardır) aşikâr olmayan çözümlerse, o zaman
(i) $u(x)$ in ardışık sıfırları, $v(x)$ in bir sıfırıyla ayrılır.

(ii.) $p > 0$ ise $u(x)$, herhangi bir $[x_0, \infty)$ aralığında en fazla bir sıfıra sahiptir.

(iii) $P < 0$ ise $v(x)$, her $[x_0, \infty)$ aralığında en az bir sıfıra sahiptir.

Bu durumlar, sırasıyla ayırma, salınım yapmama ve salınım teoremlerinin en basit örneklerini oluşturur. Aynı zamanda, geniş bir matematik literatürünün de motivasyonunu oluştururlar. Bu çalışmada, üç aralıkta tanımlanan ve süreksizlik noktası içeren bir Sturm-Liouville diferansiyel denklemi için bazı salınım sonuçları ortaya konmuş ve böylece bu az araştırılmış diferansiyel denklem sınıflarının özellikleri farklı bir yaklaşımla incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Sturm-Liouville denklemi, etkileşim koşulları, karşılaştırma teoremi.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. GİRİŞ

Diferansiyel denklemler, gök cisimlerini hareketinden köprü tasarımına, nöronlar arasındaki etkileşimlerden türler arasındaki etkileşimlere, hastalıkların bir popülasyonda yayılmasına kadar neredeyse her fiziksel, teknik, biyolojik, ekolojik ve epidemiyolojik sürecin modellenmesinde önemli bir rol oynar. Ayrıca kimyanın birçok temel yasası diferansiyel denklemler olarak formüle edilebilir ve ekonomik olarak diferansiyel denklemler karmaşık sistemlerin davranışını modellemek için kullanılır. Örneğin, ikinci mertebeden diferansiyel denklemlerin endüstrideki uygulamaları için, Norkin [9], elektromanyetik anahtarların kontaklarının salınımının,

$$x"(t) + ax'(t) + bx(t) + cx(t - \tau) = 0$$

ikinci mertebeden gecikme diferansiyel denkleminin salınımıyla tanımlanabileceğini göstermiştir: matematiksel ekolojide,

$$x"(t) + a(t)x'(t) + b(t)\,sinx(t-\tau) = 0$$

diferansiyel denklemi, Israelsson ve Johnsson (1967) tarafından Helianthus Annus'un jeotropik sirkülasyonu için bir model olarak tanıtılmıştır ve

$$x"(t) + ax'(t) + bx(t) = f(t)$$

diferansiyel denklemi ise Ackerman ve diğerleri [1] tarafından diyabetin tespiti için bir model olarak tanıtılmıştır. Ayrıca, $T = \mathbb{N}$ olduğunda, en iyi bilinen fark denklemlerinden bazılarının kökeni popülasyon dinamiklerini modelleme girişiminde yatmaktadır. Örneğin, Fibonacci sayıları bir zamanlar bir tavşan popülasyonunun büyümesi için bir model olarak kullanılmıştır. Diferensiyel denklemler teorisinde salınım teorisi oldukça önemli bir yere sahiptir. Salınım teorisinin iki önemi aşağıdaki gibi ifade edilebilir. İlki, tüm lineer diferansiyel denklemlerde ortak olan özellikleri incelemeyi amaçlar. Diğeri ise ilgi alanını belirli denklem aileleriyle sınırlar ve yalnızca bu denklemleri karakterize eden maksimum ayrıntıdaki olguları inceler. Bunlar arasında üçüncü ve dördüncü dereceden denklemler, kendine eşlenik denklemler vb. bulunur. Kendine eşlenik olmayan

$$a(x)u" + b(x)u' + c(x)u = 0$$

şeklindeki diferansiyel denklemi kendine eşlenik bir forma dönüştürmenin teknikleri kullanarak bu denklemlerin salınım özelliklerini belirlemenin birkaç yolu vardır. Salınım ve karşılaştırma teorisindeki klasik sonuçların çoğu, kendine eşlenik

$$-(p_1(x)u')' + p_0(x)u = 0 \qquad (1)$$

$$-(P_1(x)u')' + P_0(x)u = 0 \qquad (2)$$

şeklindeki iki tane Sturm-Liouville denklemlerinin çözümleri için formüle edilmiştir: burada $P_K(x)$ ve $p_K(x)$ C^K sınıfındandır ve $p_1(x)$ ve $P_1(x)$ uygun bir δ aralığında pozitiftir. Bu teorinin başlangıç noktası, 1836 da yayımlanan Sturm [13] makalesindeki elde edilmiş iyi bilinen karşılaştırma teoremidir. (1) biçimindeki bir denklemin, her (bazı) önemsiz olmayan çözümünün $[\gamma, \infty)$ biçimindeki her aralıkta en az bir sıfırı varsa, ∞ noktasında salınımlı olarak adlandırılır. Bazı aşikar olmayan çözümün $[\gamma, \infty)$ biçimindeki herhangi bir aralıkta sonlu sayıda sıfırı varsa, ∞ noktasında salınımsız olarak adlandırılır. (2) biçimindeki bir denklemi,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

salınımlı olduğu bilinen (1) biçimindeki bir denklemle karşılaştırarak, (2) için salınım kriterleri elde edilir. (1) için de salınımsızlık kriterleri benzer şekilde oluşturulabilir. Burada özellikle ilgi çekici olan, bu tekniğin uygulanmasında karşılaştırma amacıyla kullanılabilecek Euler denklemleridir. Karşılaştırma teoremlerinin kullanımı, Kneser [5] çalışmasında bir dizi salınım ve salınım yapmama kriterine yol açsa da, en ilginç ve hassas testler bu şekilde elde edilemez. Katsayılar için gerekli olan noktasal eşitsizliklerin, katsayıların kendileri salınımlı olduğunda iyi sonuçlar vermediği bilinmektedir. Bu durumla başa çıkmak için, katsayıların belirli veya belirsiz integralleri arasındaki eşitsizlikleri içeren karşılaştırma, salınım ve salınım yapmama teoremleri için kriterler aranır. Bu konudaki daha fazla ayrıntı için Swanson [12] ve Willett [14] bakınız. Son yıllarda, fonksiyonel diferansiyel denklemlerin salınım teorisine adanmış araştırmaların sayısı önemli ölçüde artmıştır. Bu konu hakkında kapsamlı bir literatüre, Bainov ve Mishev [2], Gyori ve Ladas [3], Israelsson and Johnsson [4], Kreith [6], Ladde, Lakshmikantham ve Zhang [7], Myshkis [8], Reid [10] ve Shevelo [11 monografilerinde yer verilmiştir. Bazı yazarlar, ilgili sonuçları elde etmek için Riccati denklemlerini, varyasyonel teknikleri veya diferansiyel eşitsizlikleri yoğun bir şekilde kullanmışlardır. Burada sunulan tekniklerin temel avantajı, teorinin klasik gelişiminde kullanılan tekniklerin doğrudan genellemeleri olma eğiliminde olmalarıdır.

2. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

2.1. Üç aralıklı Sturm-Liouville denklemleri için ayırma teoremleri

$[-1,0)$, $(0,1)$ ve $(1,2]$ aralıklarının her birinde K ıncı mertebeye kadar sürekli olarak türevlenebilir ve s = 0,1,…,K için sonlu $u^{(s)}(0 \pm 0) \coloneqq \lim_{\epsilon \to 0} u^{(s)}(\pm |\epsilon|)$ ve $u^{(s)}(1 \pm 0) \coloneqq \lim_{\epsilon \to 0} u^{(s)}(1 \pm |\epsilon|)$ limit değerleri mevcut olmak üzere $u: [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2] \to \mathbb{R}$ biçimindeki fonksiyonlardan oluşan $C^K[-1,0) \oplus C^K(0,1) \oplus C^K(1,2]$ fonksiyonel uzayını düşünelim. $q \in C[-1,0) \oplus C(0,1) \oplus C(1,2]$, $p \in C^1[-1,0) \oplus C^1(0,1) \oplus C^1(1,2]$olmak üzere

$$-(\mathrm{p(x)w'})' + \mathrm{q(x)w} = 0, \quad [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2] \tag{3}$$

Sturm-Liouville denklemini ve $x = 0, 1$; iletim noktalarında verilen

$$w(0+0) - w(0-0) = 0 \tag{4}$$

$$w'(0+0) - w'(0-0) = 0 \tag{5}$$

$$w(1+0) - \delta_1 w(1-0) = 0 \tag{6}$$

$$w'(1+0) - \delta_2 w'(1-0) = 0 \tag{7}$$

geçiş şartlarını ele alalım.

Teorem 1. (4)-(7) iletim koşullarını sağlayan üç aralıklı (3) Sturm-Liouville denkleminin sıfırda farklı bir çözümü, $[-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2]$ aralığında en fazla sonlu sayıda sıfıra sahip olabilir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

İspat. Kabul edelim ki, tam tersine, (3) Sturm-Liouville denkleminin sıfırdan farklı bir $w(x)$ çözümünün sonsuz sayıda $x_n \in [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2]$, n = 1, 2,… sıfırı olsun. İyi bilinen Bolzano-Weirstrass teoremi gereği yakınsak bir (x_{n_k}) alt dizisi seçebiliriz. $x_{n_k} \to x_0$ olsun. $x_0 = 0$ veya $x_0 = 1$ ve $x_0 \neq 0$ veya $x_0 \neq 1$ durumlarını ayrı ayrı ele alalım. $x_0 \neq 0,1$ ve $x_0 \in [-1,0)$ durumunu araştıralım. $w(x_{n_k}) = 0$ olduğu için ve $w(x)$ fonksiyonu $[-1,0)$ aralığında sürekli olduğu için $w(x_0) = \lim_{k\to\infty} w(x_{n_k}) = 0$ yazılabilir. Bu durumda $w(x_{n_k}) = w(x_0) = 0$,

$$w'(x_0) = \lim_{k\to\infty} \frac{w(x_{n_k}) - w(x_0)}{x_{n_k} - x_0} = 0$$

yazılabilir. Sonuç olarak, $w(x)$ fonksiyonu, $[-1,0)$ aralığında (3) denkleminin $w(x_0) = w'(x_0) = 0$ başlangıç koşullarını sağlayan bir çözümü olur. Dolayısıyla, adi diferansiyel denklemler teorisinin iyi bilinen varlık ve teklik teoremine göre, $w(x)$ fonksiyonu $[-1,0)$ aralığında sıfıra özdeş olarak eşit olur yani $w \equiv 0$. Daha sonra (6)-(7) geçiş şartlarını kullanarak $w(0+0) = w(0-0) = 0$ ve $w'(0+0) = w'(0-0) = 0$ bulunur ve dolayısıyla $w(x)$ fonksiyonu $(0,1)$ aralığında sıfıra özdeş olarak eşittir. Benzer şekilde, iletim koşulları (4)-(5) ten $w(1+0) = w(1-0) = 0$ ve $w'(1+0) = w'(1-0) = 0$ elde edilir ve sonuç olarak $w(x)$ fonksiyonu sağ aralık $(1,2]$ de aynı şekilde sıfıra eşittir. Böylece çelişki elde edilir ve bu da $x_0 \in (0,1)$ durumu için ispatı tamamlar. x $\in (1,2]$ durumu için ispat tamamen benzerdir. Şimdi $x_0 = 0$ durumunu ele alalım. Bu durumda öyle bir (x_{n_k}) alt dizisi seçebiliriz ki $x_{n_{k_s}} \uparrow 0$ veya $x_{n_{k_s}} \downarrow 0$ olur. Bu takdirde $w(0-0) = \lim_{k\to\infty} w(x_{n_k}) = 0$ bulunur.

$$w_1(x) = \begin{cases} w(x), & x \in [-1,0) \text{ için} \\ w(0-0), & x = 0 \text{ için} \end{cases}$$

tanımlayarak ve ortalama değer teoremi gereği her s = 1, 2,… için $0 \leq \delta_s \leq 1$ olacak şekilde öyle δ_s reel sayısı vardır ki

$$w_1\left(x_{n_{k_s}}\right) = w_1(0) + w_1'(\delta_s x_{n_{k_s}} + (1-\delta_s)0)(x_{n_{k_s}} - 0)$$

eşitliği yazılabilir. Sonuç olarak s = 1, 2,… için

$$w_1'\left(\delta_s x_{n_{k_s}}\right) = 0$$

bulunur. s→∞ olduğuda ve $\delta_s x_{n_{k_s}} \uparrow 0$ olduğunu hesaba katarsak, $w_1'(0-0) = 0$ olur ki bu varlık ve teklik teoremine göre çelişkidir. $\delta_s x_{n_{k_s}} \downarrow 0$ durumu için ispat tamamen benzerdir. Diğer durumlar için ispatlar da benzer şekilde yapılabilir.

2.2. Karşılaştırma Teoremi

Aşağıda, $u: [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2] \to \mathbb{R}$ ile $[-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2]$ aralığında sürekli olan ve sonlu limit değerleri olan tüm reel değerli fonksiyonların uzayını $\mathbb{C}[-1,0) \oplus \mathbb{C}(0,1) \oplus \mathbb{C}(1,2]$ ile gösterdik.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Teorem 2. $q(x) \in \mathbb{C}[-1,0) \oplus \mathbb{C}(0,1) \oplus \mathbb{C}(1,2]$ olduğunu varsayalım y(x) fonksiyonu

$$-w'' + q(x)w = 0, \quad [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2] \tag{8}$$

üç aralıklı diferansiyel denklemininin $y(-1) = y(2) = 0$ şartlarını ve $x = 0, 1 \pm 0$ noktalarındaki

$$w(0+0) - w(0-0) = 0 \tag{9}$$

$$w'(0+0) - w'(0-0) = 0 \tag{10}$$

$$w(1+0) - \delta_1 w(1-0) = 0 \tag{11}$$

$$w'(1+0) - \delta_2 w'(1-0) = 0 \tag{12}$$

iletim şartlarını sağlayan herhangi bir sıfır olmayan çözümü olsun. Eğer

$$\lim_{\epsilon \downarrow 0} \left(\int_{-1}^{0-0} (q(x) - r(x))w^2 dx + \int_{0+0}^{1-0} (q(x) - r(x))w^2 dx + \int_{1+0}^{1} (q(x) - r(x))w^2 dx \right) \geq 0$$

ise bu durumda

$$y''(x) + r(x)y(x) = 0, x \in [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2] \tag{13}$$

$$y(0+0) - y(0-0) = 0 \tag{14}$$

$$y(0+0) - y'(0-0) = 0 \tag{15}$$

$$y(1+0) - \delta_1 y(1-0) = 0 \tag{16}$$

$$y'(1+0) - \delta_{21} y'(1-0) = 0 \tag{17}$$

sınır değer geçiş probleminin

$$y'(-1) = 0 \tag{18}$$

şartını sağlayan ve sıfır olmayan her bir çözümü $[-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2]$ aralığında en az bir sıfıra sahiptir.

İspat. $y(x)$ fonksiyonu (3)-(18) probleminin sıfır olmayan herhangi bir çözümü olsun. Eğer $w(x)$ ve $y(x)$ fonksiyonları lineeer bağımlıysa, sonuç açıktır. Dolayısıyla $w(x)$ ve $y(x)$ fonksiyonlarının lineer bağımsız fonksiyonlar olduğunu varsayabiliriz. Olmayana ergi yöntemini kullanarak kabul edelim ki, her $x \in [-1,0) \cup (0,1) \cup (1,2]$ için $y(x) \neq 0$ olsun. (8) ve (13) denklemlerini kullanarak

$$y(y'' + qy) = 0$$

ve

$$\frac{y^2}{w}(w'' + rw) = 0$$

elde ederiz. Bu denklemler taraf tarafa birbirinden çıkarırılırsa

$$\frac{y(x)}{w(x)} \frac{d}{dx} W(w,y;x) = y^2(x)(r(x) - q(x)) \tag{19}$$

elde edilir. $w(-1) = y(-1) = 0$ olduğundan; $w'(-1) \neq 0$ ve $y'(-1) \neq 0$dır aksi takdirde, bilinen varlık ve teklik teoremine göre, $w(x)$ ve $y(x)$ çözümlerinin her birinin özdeş olarak sıfıra eşit olması gerekir. Dolayısıyla

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

$$\lim_{x\to a}\frac{y(x)}{w(x)}=\lim_{x\to a}\frac{y(x)-y(-1)}{w(x)-w(-1)}=\frac{y'(-1)}{w'(-1)}\neq 0$$

Bunu kullanarak ve $w(x), y(x)\ \epsilon\ \mathbb{C}[-1{,}0-0)\oplus\mathbb{C}(0+0,1-0)\oplus\mathbb{C}(1+0{,}2]$ olduğunu hesaba katarak, (19)' nin sol tarafının $[-1{,}0)$, $(0,1)$ ve $(1{,}2]$ üzerinde integrallenebilir olduğu görülür. Şimdi (19) i ve $y(-1)=\ y(2)=\ 0$ olduğundan, (9)-(12) iletim koşullarını kullanarak

$$-\left(\int_{-1}^{0-0}\left(\frac{W(w,y;x)}{w(x)}\right)^2dx+\int_{0+0}^{1-0}\left(\frac{W(w,y;x)}{w(x)}\right)^2dx+\int_{1+0}^{2}\left(\frac{W(w,y;x)}{w(x)}\right)^2dx\right)$$
$$=\int_{-1}^{0-0}(q(x)-\ r(x))w^2dx+\int_{0+0}^{1-0}(q(x)-\ r(x))w^2dx+\int_{1+0}^{2}\big(q(x)-\ r(x)\big)w^2dx$$
$$\geq 0$$

elde edilir. $w(x)$ ve $y(x)$ lineer olarak bağımsız olduğundan, sol taraf negatiftir ve bir çelişki bulunur. Dolayısıyla $y(x)$ fonksiyonu $[-1{,}0)\cup(0,1)\cup(1{,}2]$ üç aralığında en az bir noktada sıfır olmalıdır. İspat bitti.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, çözümlerin sol ve sağ uç noktalarındaki değerler arasındaki bağlantıyı belirleyen iletim koşullarını içeren çok aralıklı Sturm-Liouville problemi incelenmiştir. Ele alınan problem, klasik Sturm-Liouville özdeğer problemini genelleştirdiği için elde edilen sonuçlar, Sturm'un klasik karşılaştırma ve salınım teorisinden elde edilen ilgili sonuçları genişletmekte ve genelleştirmektedir. Bu çalışmanın bulguları, Sturm-Liouville sisteminin çeşitli fizik problemlerinde daha etkili ve verimli uygulanabilmesi için yeni bir yöntem sunmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Ackerman, E., Gatewood, L., Rosevear, J., & Molnar, G. (1969). Blood glucose regulation and diabetes. Concepts and Models of Biomathematics, 131-156.
[2] Bainov, D. D., & Mishev, D. P. (1991). Oscillation theory for neutral differential equations with delay. CRC Press.
[3] Györi, I., & Ladas, G. (1991). Oscillation theory of delay differential equations: with applications. Oxford University Press.
[4] Israelsson, D., & Johnsson, A. (1967). A Theory for Circumnutations in Helianthus annuus. Physiologia Plantarum, 20(4).
[5] Kneser, A. (1893). Untersuchungen über die reellen Nullstellen der Integrale linearer Differentialgleichungen. Mathematische Annalen, 42(3), 409-435.
[6] Kreith, K. (1973). Oscillation theory. Lecture Notes in Mathematics, 7(314), 301.
[7] Ladde, G. S., Lakshmikantham, V., & Zhang, B. G. (1987). Oscillation theory of differential equations with deviating arguments. New York, NY, USA: M. Dekker.
[8] Myshkis, 3. A. (1972). Linear differential equations with retarded argument.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[9] Norkin, S. B. (1965). Second Order Differential Equations with a Delay Argument. Moscow, USSR: Nauka.

[10] Reid, W. T. (2012). Sturmian theory for ordinary differential equations (Vol. 31). Springer Science & Business Media.

[11] Shevelo, V. N., & Odarich, O. N. (1971). Certain questions in the theory of oscillations (Nonoscillations) of solutions of second-order differential equations with a Lagging argument. Ukrainian Mathematical Journal, 23(4), 425-432.

[12] Swanson, C. A. (2000). Comparison and Oscillation Theory of Linear Differential Equations by CA Swanson (Vol. 48). Elsevier.

[13] Sturm, C. (1836). Mémoire sur une classe d'équations à différences partielles. *Journal de mathématiques pures et appliquées*, *1*, 373-444.

[14] Willett, D. (1969). Classification of second order linear differential equations with respect to oscillation. Advances in Mathematics, 3(4), 594-623.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

PERİYODİK SINIR ŞARTLARI İÇEREN BİR STURM-LİOUVİLLE PROBLEMİNİN GREEN FONKSİYONU YÖNTEMİ İLE SPEKTRAL ANALİZİ

Prof., OKTAY Sh. MUKHTAROV

Tokat Gaziosmanpaşa University, omukhtarov@yahoo.com -ORCID: 0000-0001-7480-6857

Prof., KADRİYE AYDEMİR

Amasya University, kadriyeaydemr@gmail.com -ORCID: 0000-0002-8378-3949

Doç. Dr., HAYATİ OLĞAR

Tokat Gaziosmanpaşa University, hayatiolgar@gmail.com-ORCID: ID 0000-0003-4732-1605

ÖZET

Son yıllarda, fizik bilimlerinde ve uygulamalı matematikte yeni önemli uygulamaların ortaya çıkmasıyla birlikte, diferansiyel denklemler için klasik Sturm-Liouville problemlerinin çeşitli genelleştirmeleri büyük ilgi görmüştür. Sturm-Liouville denklemindeki katsayı fonksiyonlarının süreksizliği, genel olarak heterojen ortamın iki farklı malzemeden oluşmasına karşılık gelmektedir. Diğer yandan süreksiz problemler için iletim problemleri, elektrostatik, manyetostatik ve katı mekaniği gibi fiziğin çeşitli alanlarında sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Green fonksiyonunun tanımlanması Sturm-Liouville teorisi kullanılarak da mümkündür. Bu, Green fonksiyonlarının seri gösterimine yol açar. Bu çalışmada, Green fonksiyonu kullanılarak homojen olmayan bir diferansiyel denklemin çözümü incelenecektir. Buradaki amaç, $\mathcal{F}$ bir diferansiyel operatör olmak üzere,

$$\mathcal{F}[\vartheta] = \varphi$$

homojen olmayan diferansiyel denklemini çözmektir. Bu çözüm genel olarak

$$\vartheta = \mathcal{F}^{-1}\varphi]$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bir diferansiyel operatörün tersi

$$\vartheta = \int G(\tau;\theta)\varphi(\theta)d\theta$$

şeklindeki bir integral operatördür: $G(\tau;\theta)$ fonksiyonu, integral operatörünün çekirdeği olarak ifade edililir ve Green fonksiyonu olarak adlandırılır. Bu çalışmada integral denklemler yöntemi uygulanarak, iki aralıklı Sturm-Liouville problemi için yeni bir yaklaşım yöntemi geliştirilmiştir. Çalışılan araştırmada Sturm-Liouville problemine ek olarak bir iç süreksizlik noktasında, iki ek geçiş koşulu mevcuttur. Ele alınan problemin genelleştirilmiş Hilbert uzayındaki spektrum analizi için Green fonksiyonu yöntemi daha da geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Sturm-Liouville diferansiyel denklemi, periyodik sınır şartı, Green fonksiyonu.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. GİRİŞ

Fizikte birçok problem, ikinci mertebeden kısmi diferansiyel denklemleri içeren başlangıç ve sınır değer problemleri şeklinde ortaya çıkar [1, 8, 10]. Örneğin, dalga denklemini ve ısı denklemini değişkenlerin ayrılması yöntemi kullanılarak çözerken, zaman bağımlılığını ayırmak için her iki durumda bir sınır değer problemine yol açmaktadır. Dahası değişkenlerin ayrılması, Sturm-Liouville denklemlerini içeren bir dizi sınır değer problemini ortaya çıkarmaktadır. Sturm-Liouville sınır değer problemlerinin Green fonksiyonunu tanımlamak için bir özfonksiyon açılımı yöntemi kullanılmaktadır. Green fonksiyonunun tarihi, George Green'in, cismin yüzeyinde belirli sınır koşulları bulunan, sınırlı bir hacim içerisinde tanımlanan elektrik potansiyeli u için

$$\nabla^2 \mathrm{y} \;=\; \mathrm{x}$$

şeklindeki Poisson denkleminin çözümlerinin aranmasını içeren çalışmasının yayınladığı 1828 yılına dayanır. Green fonksiyonu, fizik, mühendislik ve uygulamalı matematiğin birçok dalında kullanılan matematiksel bir yöntemdir [4, 5, 6, 9]. Genellikle bir Dirac delta fonksiyonuyla temsil edilen belirli bir terime sahip bir diferansiyel denklemin çözümüdür. Green fonksiyonu sadece bozulma ve saçılma teorisi vb. gibi geleneksel fizik konularında değil, aynı zamanda son zamanlardaki gelişmelerin de ön saflarında yer almaktadır ve muhtemelen ortaya çıkacak fizik problemlerinin çözümü için de etkin bir biçimde uygulanacaktır. Green fonksiyonu, özellikle de son 50 yıldır yoğun şekilde maddenin elektronik hareketi ve periyodik ve rastgele ortamlardaki klasik dalga yayılımı konularında kullanılmaktadır. Sonuçlar fotonik ve fononik kristalleri içermektedir. Green Fonksiyonunun fiziksel önemini bir örnekle açıklayalım. Örneğin, tek parçacıklı, zamandan bağımsız Schrödinger denklemi (Sturm-Liouville denklemi)

$$[\Xi - \mathcal{H}(\mathrm{t})]\varphi(t) = 0$$

biçimdedir ve karşılık gelen Green fonksiyonu

$$[\Xi - \mathcal{H}(\mathrm{t})]\mathfrak{H}(t, t'; \Xi) = 0$$

denklemini sağlar. Burada $\mathcal{H}(\mathrm{t})$, Hamilton operatörüdür ve t ve t' nin fonksiyonu olarak $\mathfrak{H}(t, t'; \Xi)$ fonksiyonu $\varphi(t)$ dalga fonksiyonuyla aynı sınır koşullarını sağlar.

Bu çalışmada iki tane ayrık $[-1,0)$ ve $(0,1]$ aralıklarında tanımlı olan

$$-u'' + q(x)u = \lambda\, u, \;\; x \in [-1,0) \;\cup\; (0,1] \qquad (1)$$

Sturm-Liouville diferensiyel denkleminden,

$$u(-1) = u(1), \;\; u'(-1) = u'(1) \qquad (2)$$

periyodik sınır şartlarından ve $x = 0$ iletim noktasındaki

$$u(+0) = u(-0), \;\; u'(+0) = m^2 u'(-0) \qquad (3)$$

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

geçiş şartlarından oluşan bir periyodik Sturm-Liouville probleminin bazı spektral özellikleri araştırılmıştır. Burada $q(x)$ potansiyel fonksiyonu gerçel değerlidir ve $[-1,0)$ ve $(0,1]$ aralıklarının her birinde süreklidir ve sonlu $q(\pm 0)= \lim_{x\to 0\pm} q(x)$ limit değerleri mevcuttur. İletim problemleri, doğa bilimlerinin çeşitli alanlarında da sıklıkla ortaya çıkar. Son yıllarda, iletim koşullu Sturm-Liouville problemleri teorik ve uygulamalı matematikte önemli bir araştırma konusu olmuştur (bkz., [2, 3, 7, 11, 12]).

2. KARAKTERİSTİK FONKSİYON VE GREEN FONKSİYONU

(1) denkleminin $[-1,0)$ sol aralığında tanımlı olan ve

$$u(-1) = 1,\ u'(-1) = 0 \tag{4}$$

başlangıç şartlarını sağlayan çözümünü $u_1(x,\lambda)$ ile

$$u(-1) = 0,\ u'(-1) = 1 \tag{5}$$

başlangıç şartlarını sağlayan çözümünü ise $v_1(x,\lambda)$ ile gösterelim. Aynı diferensiyel denklemin $(0,1]$ sağ aralığında tanımlı olan ve

$$u(+0) = u_1(-0),\ \ u'(+0) = m^2 u_1'(-0) \tag{6}$$

şartlarını sağlayan çözümünü $u_2(x,\lambda)$ ile,

$$u(+0) = v_1(-0),\ \ u'(+0) = m^2 v_1'(-0) \tag{7}$$

şartlarını sağlayan çözümünü ise $v_2(x,\lambda)$ ile gösterelim.

u(x; λ) fonksiyonu λ özdeğerine karşılık gelen herhangi bir özfonksiyon olsun. Bu durumda

$$u(x;\ \lambda) = \begin{cases} au_1(x,\lambda) + bu_2(x,\lambda), & [-1,0)\ \cup\ (0,1] \\ cv_1(x,\lambda) + dv_2(x,\lambda), & [-1,0)\ \cup\ (0,1] \end{cases}$$

olacak şekilde a, b, c, d sabitleri vardır. Sırasıyla (3) geçiş şartları ve daha sonra (2) sınır şartları uygulanırsa a, b, c, d değişkenlerine göre lineer olan homojen cebirsel denklem sistemi elde edilir. Bu denklem sisteminin determinantı λ kompleks değişkenine göre tam fonksiyon biçiminde bulunur. Bu tam fonksiyonun sıfır yerleri

$$\mathcal{F}(\lambda) = m^2 - u_2(1,\lambda) - v_2'(1,\lambda) + 1 \tag{8}$$

fonksiyonunun sıfır yerleri ile çakışıktır. Bu fonksiyon (1)-(3) probleminin karakteristik fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Sonuç. (1)-(3) probleminin özdeğerleri (4) karakteristik fonksiyonunun sıfırları ile çakışır.

(1)-(3) problemine karşılık gelen homojen olmayan sınır değer problemini düşünelim. Bu problem

$$-u'' + (\lambda - q(x))u = s(x) \;\; x \in [-1,0) \cup (0,1] \tag{9}$$

$$u(-1) = u(1), \;\; u'(-1) = u'(1) \tag{10}$$

$$u(+0) = u(-0), \;\; u'(+0) = m^2 u'(-0) \tag{11}$$

şeklinde yazılabilir. Burada $s(x)$ fonksiyonu $[-1,0)$ ve $(0,1]$ aralıklarının her birinde süreklidir ve $s(\pm 0)$ limiti mevcuttur. Sabitin değişimi yöntemi kullanılarak bu problemin $u(x,\lambda)$ çözümü bulunabilir. Bu problemin Green fonksiyonu

$$\mathfrak{H}(x,t;\lambda) = \frac{1}{\mathcal{F}(\lambda)} \begin{cases} u_1(x,\lambda)u_1(y,\lambda), & x \in [-1,0), \quad y \in [-1,x) \\ u_1(y,\lambda)u_1(x,\lambda), & x \in [-1,0), \quad y \in [x,0) \\ u_1(x,\lambda)u_2(y,\lambda), & x \in [-1,0), \quad y \in (0,1] \\ u_1(y,\lambda)u_2(x,\lambda), & x \in (0,1], \quad y \in [-1,0) \\ u_1(y,\lambda)u_1(x,\lambda), & x \in (0,1], \quad y \in (0,x] \\ u_1(x,\lambda)u_2(y,\lambda), & x \in (0,1], \quad y \in [x,1) \end{cases}$$

şeklindedir. Böylece çözüm

$$u(x,\lambda) = \frac{1}{m^2}\int_{-1}^{0} \mathfrak{H}(x,t;\lambda)\, s(t)dt + \int_{0}^{1} \mathfrak{H}(x,t;\lambda)\, s(t)dt$$

şeklinde yazılabilir.

3. ÇEKİRDEĞİ GREEN FONKSİYONU OLAN INTEGRAL OPERATÖRÜ

Genelliği bozmadan kabul edebiliriz ki iki aralıklı

$$-u'' + qu = 0, \;\; x \in [-1,0) \cup (0,1]$$

diferansiyel denkleminden ve (2)-(3) sınır-geçiş şartlarından oluşan problem sadece sıfır çözümüne sahiptir. Yani λ=0 sayısının (1)-(3) sınır-geçiş probleminin bir özdeğeri

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

olmadığını kabul edebiliriz. Aksi takdirde, özdeğer olmayan bir reel sayı seçebilir ve yeni bir potansiyel $\varrho = q(x) - c$ ile (1) denkleminin yerine

$$-u'' + (q(x) - c)u = \lambda u, \ \ x \in [-1,0) \ \cup \ (0,1]$$

denklemini ele alabiliriz. Bu durumda, özdeğerler c sayısı kadar sağa kaydırılır ve özfonksiyonların kümesi aynı kalır.

Teorem 1.

$$u(x,\lambda) = \frac{1}{m^2}\int_{-1}^{0} \mathfrak{H}(x,t)\, s(t)dt + \int_{0}^{1} \mathfrak{H}(x,t)\, s(t)dt = 0$$

fonksiyonu $\mathfrak{H}(x,t;\lambda) := \mathfrak{H}(x,t;0)$ olmak üzere

$$-u'' + q(x)u = s(x), \ \ x \in [-1,0) \ \cup \ (0,1]$$

diferansiyel denklemini ve (2)-(3) sınır-geçiş şartlarını sağlar.

Şimdi

$$\left(\widetilde{\mathfrak{H}}u\right)(x) = \frac{1}{m^2}\int_{-1}^{0} \mathfrak{H}(x,t)\, u(t)dt + \int_{0}^{1} \mathfrak{H}(x,t)\, u(t)dt$$

integral operatörünü tanımlayalım.

Teorem 2. $\mu := 0$ sayısı $\widetilde{\mathfrak{H}}$ operatörünün bir özdeğeri değildir.

Teorem 3. $\phi: [-1,0) \ \cup \ (0,1] \ \longrightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonlarının bir kümesi

$$\mathfrak{I} := \{\phi: \phi = \widetilde{\mathfrak{H}}s, \frac{1}{m^2}\int_{-1}^{0}|s(t)|^2dt + \int_{0}^{1}|s(t)|^2dt = 1, \ s \in C^{\,1}[-1,0] \oplus$$

$$C^{\,1}[0,1], \quad s(+0) = s(-0), \ \ s'(+0) = m^2 s'(-0)\ \}$$

kümesi düzgün sınırlı ve eş süreklidir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada periyodik sınır koşulları içeren iki aralıklı bir Sturm-Liouville sınır-değer geçiş problemlerinin bazı spektral özellikleri incelenmiştir. Diferansiyel denklem iki ayrı alt aralıkta tanımlanmış ve sınır koşulları yalnızca ele alınan aralığın uçlarında değil, aynı zamanda iç etkileşim noktalarında da tanımlanmıştır. Problemin çözümleri ile yakından ilişkili başlangıç değer problemleri tanımlanmış, Green fonksiyonu bulunmuş ve daha sonra Green fonksiyonu ile ilgili bazı sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Amrein, W. O., Hinz, A. M., Pearson, D. B., Sturm-Liouville theory: past and present. Springer Science & Business Media, (Eds.), 2005.

[2] Aydemir, K, Boundary value problems with eigenvalue-dependent boundary and transmission conditions. Boundary value problems, 2014(1), 131, 2014.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[3] Aydemir, K., Green's function and Carleman's formula for transmission problems. Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society, 45(6), 3277-3291, 2022.
[4] Duffy, D. G., Green's functions with applications. Chapman and Hall/CRC, 2015.
[5] Economou, E. N., Green's functions in quantum physics. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006.
[6] Green, G., An essay on the application of mathematical analysis to the theories of electricity and magnetism (Vol. 3). Mayer & Müller, 1889.
[7] Mukhtarov, O. S., Aydemir, K., Minimization principle and generalized Fourier series for discontinuous Sturm-Liouville systems in direct sum spaces. Journal of Applied Analysis and Computation, 8(5), 1511-1523, 2018.
[8] Marchenko, V. A., Sturm-Liouville operators and applications (Vol. 373). American Mathematical Soc., 2011.
[9] Rother, T., Green's functions in classical physics (Vol. 938). Cham, Switzerland: Springer, 2017.
[10] Levitan, B. M. and Sargsjan, I., Sturm-Liouville and Dirac operators, ser. Mathematics and its Applications (Soviet Series). Springer Netherlands, 1991.
[11] Li, K., Sun, J.,Hao, X.: Eigenvalues of regular fourth order Sturm-Liouville problemswith transmission conditions. Math. Methods Appl. Sci. **40**, 3538–3551, 2017.
[12] Uğurlu, E., Taş K., A new method for dissipative dynamic operator with transmission conditions. Complex Anal. Operator Theory **12**(4), 1027–1055, 2018.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ROMATOLOJİK HASTALIKLARDA PSİKOLOJİK STRES VE KRONİK AĞRININ EPİGENETİK İZLERİ: JUVENİL İDİYOPATİK ARTRİT (JIA) VE AİLEVİ AKDENİZ ATEŞİ (AAA) ÜZERİNE BİR DERLEME

Epigenetic Traces of Psychological Stress and Chronic Pain in Rheumatologic Diseases: A Review on Juvenile Idiopathic Arthritis (JIA) and Familial Mediterranean Fever (FMF)

Şeyda Doğantan[1], Sacide Pehlivan[2]

[1]Doktora Öğrencisi, Sağlık Bilimleri Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, drseydacayan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9082-6804

[2]Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, Genetik, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1272-5845

Özet:

Amaç: Juvenil İdiyopatik Artrit (JIA) ve Ailesel Akdeniz Ateşi (AAA), çocukluk çağında görülen iki önemli romatolojik hastalıktır. Bu hastalıklarda kronik ağrı ve psikolojik stres, hastalığın seyrini ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu derlemede, JIA ve AAA'da kronik ağrı ve psikolojik stresin nörobiyolojik, genetik ve epigenetik temelleri güncel literatür ışığında incelenmiştir.

Gereç ve Yöntem: Literatürdeki klinik, genetik ve nörogörüntüleme çalışmaları taranarak, JIA ve AAA hastalarında kronik ağrı, psikolojik stres ve bunların biyolojik temelleri analiz edilmiştir.

Bulgular: JIA'da ağrı sıklıkla eklem inflamasyonu ile korele olmayabilir ve merkezi sinir sistemi düzeyinde fonksiyonel ve yapısal değişiklikler ile ilişkilidir. Psikolojik stres, bilişsel zorluklarla birlikte seyrederken, nörogörüntüleme çalışmalarında anterior insula ve medial prefrontal ağlarda değişiklikler saptanmıştır. AAA'da ise MEFV gen mutasyonları ile klinik şiddet arasında güçlü ilişkiler bulunmuştur. Epigenetik düzeyde ise çevresel stres faktörlerinin AAA'nın seyrini etkileyebileceği gösterilmiştir.

Sonuç: JIA ve AAA hastalarında kronik ağrı ve stresin patofizyolojisi çok katmanlıdır. JIA'da nörobiyolojik süreçler ön planda iken, AAA'da genetik ve epigenetik faktörler belirgindir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Ancak her iki hastalıkta da psikososyal faktörlerin hastalık gidişatı üzerindeki etkisini açıklayacak doğrudan epigenetik izler henüz yeterince tanımlanamamıştır. Bu durum, gelecekte kişiselleştirilmiş ve bütüncül tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından araştırılması gereken önemli bir alan olarak dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Juvenil İdiyopatik Artrit, Ailesel Akdeniz Ateşi, kronik ağrı, psikolojik stres, epigenetik, nörogörüntüleme.

Epigenetic Traces of Psychological Stress and Chronic Pain in Rheumatologic Diseases: A Review on Juvenile Idiopathic Arthritis (JIA) and Familial Mediterranean Fever (FMF)

Şeyda Doğantan[1], Sacide Pehlivan[2]

[1]PhD Student, Institute of Health Sciences, Istanbul University, drseydacayan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9082-6804

[2]Professor, Istanbul University Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, Genetics, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1272-5845

Abstract:

Objective: Juvenile Idiopathic Arthritis (JIA) and Familial Mediterranean Fever (FMF) are two prominent pediatric rheumatic diseases. Chronic pain and psychological stress significantly influence disease progression and quality of life. This review aims to examine the complex interaction between chronic pain, psychological stress, and their genetic/epigenetic underpinnings in JIA and FMF based on current literature.

Methods: Clinical, genetic, and neuroimaging studies from the literature were reviewed to analyze the biological foundations of chronic pain and psychological stress in JIA and FMF patients.

Results: In JIA, pain is often not correlated with joint inflammation and is associated with functional and structural changes in the central nervous system. Psychological stress is accompanied by cognitive difficulties, and neuroimaging studies have shown alterations in the anterior insula and medial prefrontal networks. In FMF, strong associations have been identified

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

between MEFV gene mutations and disease severity. On an epigenetic level, environmental stressors appear to influence the disease course of FMF.

Conclusion: The pathophysiology of chronic pain and stress in JIA and FMF is multifaceted. While neurobiological mechanisms dominate in JIA, genetic and epigenetic factors are more prominent in FMF. However, direct epigenetic traces explaining the impact of psychosocial factors on disease progression remain insufficiently defined in both conditions. Further research in this area is crucial for developing targeted and holistic treatment approaches that can improve patient outcomes and quality of life.

Keywords: Juvenile Idiopathic Arthritis, Familial Mediterranean Fever, chronic pain, psychological stress, epigenetics, neuroimaging.

Giriş Juvenil İdiyopatik Artrit (JIA), çocuk ve ergenleri etkileyen iltihaplı eklem hastalıkları grubunu ifade eden bir terimdir. Eklem şişliği, sertliği ve hassasiyet gibi kardinal belirtiler tedavi odağı olsa da, yorgunluk ve özellikle **ağrı** gibi hastalığın diğer zararlı unsurları sıklıkla yaşanır ve nicelendirilmesi ile tedavi edilmesi daha zordur. Ailesel Akdeniz Ateşi (AAA) ise tekrarlayan ateş ve serozit ile karakterize, Akdeniz kökenli bireyleri etkileyen en yaygın monogenik otoinflamatuvar bozukluktur. Bu derleme, JIA ve AAA gibi romatolojik durumlarda kronik ağrı ve psikolojik stresin karmaşık etkileşimini ve ilgili genetik/epigenetik mekanizmaları mevcut kaynaklar ışığında incelemeyi amaçlamaktadır.

Juvenil İdiyopatik Artrit (JIA) ve Kronik Ağrı İlişkisi JIA'da ağrı yaygındır. Mevcut geniş tedavi yaklaşımlarına rağmen, JIA ağrısı karmaşık, çok yönlü ve sıklıkla yetersiz tedavi edilen bir süreç olup çocuğun fiziksel işleyişi ve duygusal sağlığı gibi birçok alanını olumsuz etkiler. Dahası, JIA'daki ağrı sadece çocukluk yıllarında sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini (HR-QoL) olumsuz etkilemekle kalmaz, aynı zamanda yetişkinliğe ve yetişkinlik boyunca olumsuz etkileri olabilir. Bu veriler, JIA'nın, özellikle JIA ağrısının, gelişmekte olan ve belki de hassas bir sinir sistemi üzerindeki uzun süreli etkisini ve JIA ağrısının erken evrede azaltılmasına agresif bir şekilde odaklanmanın önemini vurgulamaktadır.

JIA'da ağrı ile belirgin eklem patolojisi arasındaki kusurlu ilişki dikkate alındığında, kaynaklar, JIA'da saptanamayan eklem patolojisinden ayrışabilen ve iltihaplanma veya tedavi durumundan bağımsız olarak devam edebilen mekanizmalar olabileceğini düşündürmektedir. Gerçekten de, ağrı, JIA hastalarının birçoğunda, iltihaplanma veya belirgin eklem patolojisi ile korele

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

olmayabilir. Kronikleşen ağrı, değişmiş nosiseptif işlemeye, periferik veya merkezi duyarlılaşmaya ve inatçı, şiddetlenmiş ağrıya yol açabilir.

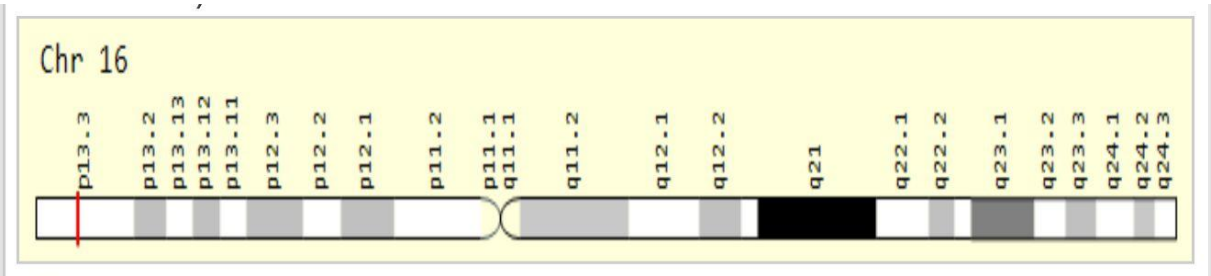
JIA hastalarında ağrı şiddeti, daha fazla fiziksel stres ve daha zayıf bilişsel fonksiyon ile ilişkilendirilmiştir. Yüksek ağrı şiddetine sahip çocuklar, kronik ağrısı olan çocuklarla tutarlı bir düzeyde daha fazla ağrı kalitesi (duyusal) bildirmişlerdir. Yüksek ağrı derecelendirmesine sahip JIA hastaları, ayrıca bilişsel işlev bozukluğu ile daha fazla zorluk bildirilmiştir.

JIA'da Psikolojik Stres ve Nörobiyolojik Değişiklikler Kaynaklar, JIA hastalarının kronik ağrı, anksiyete, depresif ruh hali ve psikolojik stres gibi psikososyal belirtilerle karşılaştığını belirtmektedir. JIA hastalarında daha fazla ağrı şiddeti, hastanın bildirdiği bilişsel zorluklarla da ilişkilendirilmiştir. RA hastalarıyla yapılan bir çalışmada, kronik psikososyal stresin kronik hastalıkların gelişimini etkileyebileceği öne sürülmüştür.

Nörogörüntüleme çalışmaları, JIA'da ağrı ile ilişkili nörobiyolojik özelliklerde değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur. Morfolojik analiz, **insüler korteks içinde azalmış kortikal kalınlık** ve **kaudat çekirdek hacmi ile ağrı şiddeti arasında negatif bir korelasyon** olduğunu göstermiştir. Fonksiyonel nörogörüntüleme bulguları, duygusal ağrı işlemesini düzenleyen nörodevrelerde (anterior insula) değişiklikler olduğunu düşündürmüştür. Dinlenme durumu fMRI analizleri, JIA hastalarında sağlıklı kontrollere göre fonksiyonel bağlantıda hem artış hem de azalmalar olduğunu göstermiştir. Medial prefrontal varsayılan mod ağı (DMN) ile anterior insula (AI) arasındaki fonksiyonel bağlantıdaki azalmanın, daha yüksek klinik ağrı şiddeti ile korele olduğu bulunmuştur. Anterior insula, duygusal veya bedensel öz farkındalığı düzenleyen, duyusal sinyalleri entegre eden ve ağrı şiddetini modüle eden önemli bir ağrı işleme merkezidir. Semptomatik JIA hastalarında sol anterior insula içinde artan aktivite gözlemlenmiştir ve bu aktivite, duyusal ağrı kalitesinden çok **duygusal ağrı kalitesi** ile daha fazla korele olmuştur.

Ailesel Akdeniz Ateşi (AAA) ve Kronik Ağrı/Stres İlişkisi AAA, çocukluk çağında tekrarlayan ateş, karın ağrısı ve eklem tutulumu gibi klinik belirtilerle ortaya çıkar. Artralji (%45-%64) ve artrit (%11-%47) sık görülen eklem belirtileridir. Hastalığın şiddeti ve klinik seyri, özellikle M694V varyantı gibi MEFV genindeki mutasyonlarla ilişkilidir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Şekil 1: MEFV (Mediterranean Fever) geninin yer aldığı kromozom bölgesi (GeneCards, 2025)

Kaynaklar, AAA hastalarında kalıcı hastalık aktivitesi ile yaşam kalitesi ve psikososyal sonuçlar arasında bir ilişki olduğunu belirtmektedir. AAA'lı çocukların yaşam kalitesi ve okul performansının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, psikolojik stresin kronik ağrı veya AAA ataklarını doğrudan nasıl tetiklediğine ya da spesifik epigenetik izlere yol açtığına dair doğrudan bir bağlantı kaynaklarda detaylandırılmamıştır. Yalnızca **çevresel faktörlerin epigenetik modifikasyonlar aracılığıyla AAA'nin gelişimini ve klinik belirtilerini önemli ölçüde etkileyebileceğine dair artan kanıtlar** olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yaş, cinsiyet ve aynı genotipe sahip aynı aile içindeki bireyler arasında bile belirti şiddeti, hastalık başlangıç yaşı ve eşlik eden inflamatuvar durumların değişkenliğini açıklayabileceği öne sürülmüştür.

Epigenetik İzler ve Genetik İlişkiler Genetik faktörler hem JIA hem de AAA patogenezinde önemli bir rol oynar.

• **JIA'da Genetik ve Epigenetik İmalar**: JIA, JRA (Juvenil Romatoid Artrit) teriminin yerini alan kronik bir otoimmün durumdur. Genetik açıdan bakıldığında, özellikle bağışıklık sistemini düzenleyen genlerdeki varyantlar hastalık gelişimiyle ilişkilendirilmiştir. HLA-DRB1 geni poliartiküler JIA ile, HLA-B27 ise entezit ilişkili artrit (ERA) alt tipi ile yakından ilişkilidir. Bunun yanı sıra TNF-α, IL-6, IL-1 ve IL-17A gibi proinflamatuvar sitokin genlerinin polimorfizmleri de hastalık aktivitesini ve tedavi yanıtını etkileyebilmektedir. Otoimmün yanıtın düzenlenmesinde görevli olan PTPN22 (Protein Tyrosine Phosphatase Non-Receptor Type 22), STAT4 (Signal Transducer and Activator of Transcription 4), TRAF1 (TNF Receptor-Associated Factor 1) ve CTLA4 (Cytotoxic T-Lymphocyte Associated Protein 4) gibi genlerdeki varyasyonlar da JIA için genetik risk faktörleri arasında sayılmaktadır.

Epigenetik mekanizmalar ise DNA dizisinde değişiklik olmaksızın gen ekspresyonunu düzenleyerek, JIA'nın ortaya çıkışı ve seyrinde rol oynar. Bu bağlamda, DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve mikroRNA'lar en sık araştırılan epigenetik düzenleyicilerdir. Özellikle IL-6 ve IL-1β gibi proinflamatuvar genlerin promotör bölgelerinde görülen hipometilasyon, bu genlerin aşırı ekspresyonuna yol açarak kronik inflamasyonu tetikleyebilir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Tersine, immün toleranstan sorumlu FOXP3 (Forkhead Box P3) gibi genlerdeki hipermetilasyon, regülatör T hücrelerinin fonksiyonunu bozabilir. Histon asetilasyonu gibi modifikasyonlar da kromatin yapısını gevşeterek inflamatuvar genlerin ekspresyonunu artırabilir. Ayrıca miR-146a, miR-155 ve miR-21 gibi çeşitli mikroRNA'ların ekspresyon düzeylerinde görülen düzensizlikler, JIA patogenezinde immün regülasyonun bozulmasına katkıda bulunmaktadır.

Yakın zamanda yapılan bir çalışma, poliartiküler JIA'nın ilerlemesi ve prognozu ile ilişkili olduğu belirlenen **PHLDA1** (**Pleckstrin Homology Like Domain Family A Member 1), EGR3** (**Early Growth Response 3), CXCL2** (**C-X-C Motif Chemokine Ligand 2) ve PF4V1** (**Platelet Factor 4 Variant 1)** gibi genleri tanımlamıştır. Bu genler potansiyel moleküler biyobelirteçler olarak kullanılabilir. JIA için kaynaklar doğrudan psikolojik stres veya kronik ağrının epigenetik izlerine odaklanmamaktadır; daha çok ağrının nörobiyolojik korelasyonlarına ve hastalığın genetik belirteçlerine odaklanmaktadır.

• **AAA'da Genetik ve Epigenetik**: AAA, MEFV genindeki patojenik varyantlardan kaynaklanan monogenik bir otoinflamatuvar hastalıktır. MEFV geninde 300'den fazla varyant bildirilmiştir. En yaygın varyantlar M694V, M680I, M694I ve V726A'dır. Genotip-fenotip korelasyonları farklı etnik gruplar arasında çeşitlilik gösterir; örneğin, M694V ve M680I genellikle Türkiye'de daha şiddetli fenotiplerle ilişkilidir. **En önemlisi, çevresel faktörlerin epigenetik modifikasyonlar yoluyla AAA'nın gelişimini ve klinik belirtilerini önemli ölçüde etkileyebileceğine dair artan kanıtlar vardır**. Devam eden araştırmalar, hastalığın patogenezine katkıda bulunan yeni genetik mutasyonları ve epigenetik faktörleri belirlemeyi hedeflemektedir.

AAA'da epigenetik mekanizmalar, genetik mutasyonların yanı sıra hastalığın fenotipini şekillendiren önemli düzenleyici süreçlerdir. Bu mekanizmalar, DNA dizisinde bir değişiklik olmaksızın gen ekspresyonunu modüle eder. Özellikle MEFV geninin promotör bölgesindeki DNA metilasyonu düzeyleri, genin ifadesini etkileyerek pirin üretimini azaltabilir veya artırabilir. Bu durum, inflamatuvar yanıtın şiddetini belirleyebilir. Ayrıca histon proteinlerine yönelik asetilasyon ve metilasyon gibi modifikasyonlar, kromatin yapısını değiştirerek inflamasyonda rol oynayan genlerin aktif ya da baskılanmış hale gelmesine neden olabilir. Bunun yanı sıra, mikroRNA'lar (miRNA'lar) da AAA patogenezinde önemli rol oynar. Özellikle miR-155 ve miR-204 gibi bazı miRNA'lar, MEFV genine veya inflamatuar yolaklara bağlanarak mRNA düzeyinde translasyonu engelleyebilir. Bu epigenetik düzenleyiciler, çevresel faktörlerle etkileşerek genetik olarak yatkın bireylerde hastalığın seyrini, şiddetini ve

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

tedavi yanıtını önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, AAA'nın sadece genetik bir hastalık olarak değil, epigenetik ve çevresel faktörlerle şekillenen kompleks bir tablo olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç JIA ve AAA gibi romatolojik hastalıklarda kronik ağrı ve psikolojik stres, hastaların yaşam kalitesini ve tedavi yanıtlarını derinden etkileyen önemli faktörlerdir. JIA'da ağrının, inflamasyondan bağımsız olarak merkezi sinir sistemi değişiklikleri ve nörolojik devredeki bozukluklarla ilişkili olabileceği güçlü kanıtlarla desteklenmektedir. Bu, ağrının hem duyusal hem de affektif (duygusal) yönlerinin merkezi sinir sistemi aracılığıyla modüle edildiğini göstermektedir. AAA içinse, çevresel faktörlerin ve eşlik eden durumların epigenetik modifikasyonlar aracılığıyla hastalığın seyrini etkileyebileceği belirtilmektedir.

Her iki hastalıkta da genetik yatkınlık ve moleküler mekanizmalar üzerine yapılan araştırmalar, kişiselleştirilmiş tedavi stratejileri için yeni hedefler sunmaktadır. Ancak, psikolojik stresin ve kronik ağrının doğrudan epigenetik izler bırakma mekanizmalarının bu hastalıklardaki rolü hakkında kaynaklarda belirtilen doğrudan kanıtlar sınırlıdır. AAA için epigenetik değişikliklerin çevresel faktörlerle ilişkili olduğu açıkça belirtilirken, JIA için daha çok nörobiyolojik korelasyonlar öne çıkmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, kronik ağrı ve psikolojik stresin epigenetik mekanizmalar aracılığıyla JIA ve AAA patogenezine ve seyrine nasıl katkıda bulunduğunu daha ayrıntılı olarak incelemelidir. Bu, daha etkili, hedefe yönelik tedaviler ve hastaların yaşam kalitesini artıracak bütüncül yönetim yaklaşımları geliştirmek için kritik öneme sahiptir.

Kaynaklar:

1. Upadhyaya, J., Lemme, J., Caya, M., Van Der Heijden, H., Sibai, D., Goodlette, B., Lof, J., Hoyt, K., Taylor, M., Hazen, M. M., Halyabar, O., Meidan, E., Schreiber, R., Chang, M. H., Nigrovic, P. A., Jaimes, C., Henderson, L. A., Ecklund, K., & Sundel, R. P. (2021). A multidisciplinary assessment of pain in juvenile idiopathic arthritis. Seminars in Arthritis and Rheumatism, 51(4), 700–711. https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2021.05.011
2. Elfving, A., Harila-Saari, A., Nilsson, L., & Berntson, L. (2023). An explorative study on proteomic analyses related to inflammation and pain in children with juvenile idiopathic arthritis. BMC Pediatrics, 23(1), 365. https://doi.org/10.1186/s12887-023-04181-0

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3. Kisla Ekinci, R. M., Kilic Konte, E., Akay, N., & Gul, U. (2024). Familial Mediterranean fever in childhood. Turkish Archives of Pediatrics, 59(6), 527–534. https://doi.org/10.5152/TurkArchPediatr.2024.24188
4. Maldar, N. P., Khubchandani, R., & Khan, A. (2024). Genetic Disorders in Pediatric Rheumatology Clinic: When to Suspect, and Why?. Indian Journal of Pediatrics, 91(9), 934–940. https://doi.org/10.1007/s12098-023-04845-w
5. Liu, J., Fan, J., Duan, H., Chen, G., Zhang, W., & Wang, P. (2025). Identification and validation of susceptibility modules and hub genes in polyarticular juvenile idiopathic arthritis using WGCNA and machine learning. Autoimmunity, 58(1), 2437239. https://doi.org/10.1080/08916934.2024.2437239
6. Shakeel, L., Shaukat, A., Khaliq, N., Kashif, A., Mujeeb, A., Adnan, Z., Taj, J., & Akilimali, A. (2025). Rheumatoid arthritis: a comprehensive overview of genetic markers, emerging therapies, and personalized medicine. Annals of Medicine & Surgery, 87, 696–710. https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000002890
7. Nishida, T., Nakano, K., Inoue, Y., Narumi-Kishimoto, Y., Kaname, T., Akashi, K., & Tanaka, Y. (2021). Stimulator of Interferon Genes-associated Vasculopathy with an Onset in Infancy Diagnosed after the Development of Atypical Pulmonary Lesions During Treatment as Juvenile Idiopathic Arthritis. Internal Medicine, 60(8), 1109–1114. https://doi.org/10.2169/internalmedicine.5305-20

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞUNDA DUYGUSAL REGÜLASYON, REZİLYANS VE GENETİK-EPİGENETİK ETKİLEŞİMLERİN BÜTÜNCÜL İNCELEMESİ

Uzm.ŞEVİN AKSOY

İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gelişimsel Davranış Bozuklukları ve Bütünleşik Yaklaşım Anabilim Dalı, sevinaksoy91@gmail.com - ORCID ID: 0000-00032168-3261

Prof.Dr.MUSTAFA ÖZÇETİN

Prof. Dr. Mustafa Özçetin İstanbul Üniversitesi, Çocuk Sağlığı Enstitüsü.
mozcetin@gmail.com -ORCID ID: 0000-0003-0697-4271

Prof.Dr.SACİDE PEHLİVAN

İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı,
sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr -ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Otizm spektrum bozukluğu (OSB), sosyal iletişimde yetersizlikler ve sınırlı tekrarlayıcı davranışlarla karakterize, heterojen klinik görünüme sahip bir nörogelişimsel bozukluktur. Yayınlanan çalışmalar, OSB'nin biyolojik temellerini açıklamada genetik ve epigenetik etkileşimlerin rolünü ortaya koyarken, duygusal regülasyon (DR) ve psikolojik rezilyans (PR) gibi işlevsel yapıların bu biyolojik süreçlerle nasıl bağlantılı olduğunu da analiz etmektedir. Otizmli bireylerde görülen duygusal düzensizlikler, yalnızca davranışsal değil, genetik ve epigenetik regülasyon bozukluklarıyla da yakından ilişkilidir. Son yıllarda yapılan çok katmanlı çalışmalar, mikroRNA'lar, DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve gen-çevre etkileşimlerinin OSB'nin fenotipik çeşitliliğini belirlemede belirleyici olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, bu biyolojik süreçlerin çevresel faktörlerle olan etkileşimi, bireyin psikolojik uyum kapasitesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, OSB'de bireysel farklılıkları açıklamada rezilyans gibi pozitif psikolojik kaynakların biyolojik temelleri de giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Bu derlemede, bugüne kadar yayımlanmış yüksek nitelikli makaleler temel alınarak, OSB'de genetik ve epigenetik süreçlerle duygusal ve psikososyal işlevler arasındaki çok yönlü ilişki bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir. Bulgular, erken tanı ve kişiselleştirilmiş müdahalelerin geliştirilmesi açısından önemli ipuçları sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Otizm spektrum bozukluğu, duygusal regülasyon, psikolojik rezilyans, genetik, epigenetik.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB), ilk kez 1943'te Leo Kanner tarafından tanımlanmış olup, sosyal iletişimde yetersizlik, sınırlı ilgi alanları ve tekrarlayıcı davranışlarla tanımlanan karmaşık bir nörogelişimsel bozukluktur [1]. DSM-5'e göre belirtiler erken çocuklukta başlar ve bireyin işlevselliğinde kalıcı etkiler oluşturur. OSB, tek bir klinik profil yerine fenotipik çeşitlilik gösteren bir spektrumdur. Bu çeşitlilik, genetik varyasyonlardan epigenetik düzenlemelere ve çevresel etkilere kadar uzanan çoklu belirleyicilerle ilişkilidir [2–4].

Duygusal regülasyon (DR), bireyin duygusal tepkilerini izleme, değerlendirme ve değiştirme kapasitesidir. OSB'de DR bozuklukları, sosyal etkileşim, davranışsal kontrol ve içsel uyum alanlarında belirgin işlevsellik kayıplarına neden olur [5]. Psikolojik rezilyans (PR) ise bireyin stres, travma ve kronik zorluklara rağmen psikolojik uyumunu sürdürebilme kapasitesidir [6]. Bu iki yapı, OSB'de bireysel farklılıkları açıklamada anahtar rol oynar.

Bu derlemenin amacı, OSB'nin genetik ve epigenetik temellerini DR ve PR süreçleriyle ilişkilendirerek bütüncül bir biyopsikoepigenetik model sunmaktır. Böylece hem nörobiyolojik hem psikososyal düzeyde açıklayıcı bir çerçeve elde edilmesi hedeflenmektedir.

2. Otizm Spektrum Bozukluğunun Etyolojisi

OSB'nin etyolojisi, kalıtsal yatkınlık ile çevresel etmenlerin etkileşimini içeren karmaşık bir sistemdir. İkiz çalışmaları kalıtsallık oranının %70–90 arasında olduğunu göstermektedir [7]. Ancak genetik etkiler OSB vakalarının tamamını açıklayamamaktadır. Çevresel faktörler, gen ifadesini doğrudan değil, epigenetik mekanizmalar aracılığıyla değiştirir [8–10].

Prenatal dönemde maternal stres, enfeksiyonlar, toksin maruziyeti, metabolik dengesizlikler, vitamin eksiklikleri, immün aktivasyon ve inflamatuvar yanıtlar OSB riskini artırmaktadır [11–13]. Özellikle maternal bağışıklık sisteminin aktivasyonu, sitokin düzeylerindeki değişimler ve bunların epigenetik aracılar üzerinden fetüsün beyin gelişimini etkilemesi, OSB'nin patofizyolojisinde önemli bir yol olarak görülmektedir [13]. Bu durum, OSB'nin yalnızca nörolojik değil, aynı zamanda immün ve epigenetik etkileşimli bir sistem bozukluğu olduğunu göstermektedir [9,14].

Epigenetik süreçler, bu etkileşimlerin moleküler arayüzünü oluşturur. DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve mikroRNA (miRNA) düzenlemeleri çevresel faktörlerin kalıcı biyolojik izlerini bırakır [3,12,15]. Böylece genetik altyapı, çevresel koşullara göre yeniden biçimlenebilir. OSB, bu çoklu etkileşimin davranışsal düzeydeki yansıması olarak görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3. Otizmin Genetik ve Epigenetik Mekanizmaları

3.1. Genetik Faktörler

Genetik düzeyde OSB, yüzlerce genin küçük etkilerinin birleştiği çok genli bir bozukluktur. *CHD8, SHANK3, NRXN1* ve *CNTNAP2* genlerinde tanımlanan mutasyonlar, sinaptik plastisite, nöronal migrasyon ve iletişim süreçlerini etkilemektedir [8,9]. Kopya sayısı varyasyonları (CNV) 15q11–13, 16p11.2 ve 22q11 bölgelerinde sık görülmekte ve OSB riskini anlamlı şekilde artırmaktadır [9,10].

Li ve Ernst (2025), de novo noncoding varyantların gen ifadesi, sekans yapısı ve cinsiyetle etkileşiminin OSB patogenezinde önemli rol oynadığını göstermiştir [11]. Bu bulgular, genetik mimarinin yalnızca risk faktörlerini değil, fenotipik çeşitliliği de belirlediğini ortaya koymaktadır. Ancak genetik veriler OSB'nin tüm heterojenliğini açıklamada yetersiz kalmaktadır; bu nedenle epigenetik mekanizmalar araştırmaların odağı haline gelmiştir.

3.2. Epigenetik Mekanizmalar

DNA Metilasyonu

DNA metilasyonu, gen promotör bölgelerindeki CpG adalarının metillenmesi yoluyla gen ifadesini düzenler. Kubota ve Mochizuki (2016), çevresel faktörlerin DNA metilasyon paternlerini değiştirerek OSB'ye yatkınlığı artırdığını bildirmiştir [3]. Saeliw ve ark. (2022), OSB'li bireylerde LINE-1 ve Alu elementlerinin hipometilasyonunun nörogelişimle ilişkili genlerin ekspresyonuyla bağlantılı olduğunu göstermiştir [12]. Bu değişimler, özellikle sosyal davranışlarla ilişkili *OXTR*ve *MECP2* genlerinde belirgindir.

Histon Modifikasyonları

Histon asetilasyonu ve metilasyonu, kromatin yapısının esnekliğini değiştirerek genlerin aktiflik durumunu belirler. Kubota (2016), çevresel stresin histon modifikasyonlarını etkileyerek gen ifadesini değiştirdiğini göstermiştir [14]. Nardone ve Elliott (2016) ise immün sistem aktivasyonunun histon yollarını etkileyerek nöroinflamasyon üzerinden OSB riskini artırabileceğini vurgulamıştır [13].

MikroRNA Düzenlemesi

miRNA'lar, gen ifadesini post-transkripsiyonel düzeyde kontrol eder. Hicks ve ark. (2016), OSB'li çocukların tükürük miRNA profillerinin tipik gelişim gösteren çocuklardan anlamlı farklılıklar gösterdiğini bulmuştur [15]. *miR-132*, *miR-146a* ve *miR-181b* gibi miRNA'lar, sinaptik gelişim ve immün yanıtla ilişkili genleri düzenleyerek OSB fenotipine katkı sağlar [11].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Epigenetik Saat

Epigenetik saat, DNA metilasyonuna dayalı biyolojik yaş göstergesidir. de Souza Reis ve ark. (2022), doğumdaki epigenetik saat hızının klinik heterojenliği etkilediğini ve fenotipik çeşitliliğin bir belirteci olabileceğini göstermiştir [16]. Song ve ark. (2023), hızlanmış epigenetik yaşlanmanın çocukluk döneminde davranışsal regülasyon sorunlarıyla ilişkili olduğunu rapor etmiştir [17]. Zhang ve ark. (2024), yüksek rezilyansa sahip bireylerde epigenetik yaşlanmanın daha yavaş ilerlediğini bulmuştur [25].

4. Duygusal Regülasyonun Otizm Spektrum Bozukluğu ile İlişkisi

Duygusal regülasyon, bireyin duygusal deneyimlerini izleme, değerlendirme ve gerektiğinde değiştirme becerisidir. OSB'de DR bozuklukları yaygındır ve duygusal farkındalık eksikliği, aleksitimi, kaygı ve davranışsal patlamalarla kendini gösterir [18,19].

Amigdala, prefrontal korteks ve insula arasındaki işlevsel bağlantıların bozulması, duygusal işlemleme süreçlerinde temel bozulmalara yol açmaktadır. Shen ve ark. (2016), OSB'li çocuklarda amigdala bağlantısallığının azaldığını ve bu durumun sosyal-duygusal tepkilerde düzensizlikle ilişkili olduğunu göstermiştir [20]. Leoni ve ark. (2023) ise bilişsel ve duygusal ağ topolojisindeki farklılıkların erken yaşta DR becerilerini etkilediğini bildirmiştir [21].

Ben Hassen ve ark. (2023), interosepsiyon ve aleksitimi farklılıklarının DR bozukluklarını şiddetlendirdiğini göstermiştir [22]. Cai ve ark. (2022) ile Restoya ve ark. (2024), DR'ye yönelik müdahalelerin etkilerini inceleyerek, duygu farkındalığı ve yeniden çerçeveleme becerilerinin geliştirilmesinin işlevselliği artırdığını rapor etmiştir [23,24]. Conner ve ark. (2019) tarafından geliştirilen *Emotional Awareness and Skills Enhancement (EASE)* programı, OSB'li bireylerin duygusal farkındalık ve düzenleme becerilerinde anlamlı gelişmeler sağlamıştır [25].

Bu bulgular, DR'nin yalnızca psikolojik bir beceri değil, aynı zamanda nörogelişimsel ve biyolojik bir kapasite olduğunu göstermektedir. DR süreçleri, stresle ilişkili genlerin (ör. *NR3C1, FKBP5*) metilasyon profilleriyle de ilişkilidir [14,15]. Dolayısıyla, DR'deki bireysel farklılıkların altında epigenetik düzenleme kalıpları yatmaktadır.

5. Psikolojik Rezilyansın Otizm Spektrum Bozukluğu ile İlişkisi

Rezilyans, zorluklara rağmen uyum yeteneğini sürdürebilme kapasitesidir. OSB'de rezilyans, bireysel adaptasyon ve davranışsal esneklik üzerinde belirleyici rol oynar. Smeeth ve ark. (2021), epigenetik süreçlerin psikolojik dayanıklılığı şekillendirdiğini göstermiştir [6]. Choi ve ark. (2019), rezilyansın genetik temellerini inceleyerek bu özelliğin kalıtsal yapısının çevresel etkileşimlerle biçimlendiğini ortaya koymuştur [5].

Niitsu ve ark. (2018), genetik faktörlerin PR üzerinde anlamlı etkisi olduğunu sistematik biçimde göstermiştir [26]. Elsabbagh (2020), bazı OSB'li bireylerin yüksek biyolojik riske

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

rağmen iyi uyum göstermesinin epigenetik plastisite ve çevresel destek sistemleriyle ilişkili olabileceğini vurgulamıştır [27]. Zhang ve ark. (2024) ise PR düzeyi yüksek bireylerde epigenetik yaşlanma hızının daha yavaş olduğunu bulmuştur [25].

Rezilyansın biyolojik alt yapısında, stresle ilişkili genlerin metilasyon profili ve nöroendokrin yanıt sistemleri (özellikle HPA aksı) önemli rol oynar [6,13]. Bu durum, genetik duyarlılığın çevresel desteklerle dengelenebileceğini ve biyolojik sistemlerin esnekliğinin epigenetik yollarla güçlendirilebileceğini düşündürür.

6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Otizm spektrum bozukluğu, bireyin tüm yaşamını etkileyen nörobiyolojik bir durumdur. Bu bozukluğun nedenleri yalnızca genetik yatkınlıklarla açıklanamaz; epigenetik modifikasyonlar ve çevresel etkileşimler de önemli rol oynamaktadır. Özellikle duygusal regülasyon güçlükleri ve psikolojik rezilyans düzeyleri, hem klinik sonuçları hem de bireyin sosyal uyum kapasitesini belirleyici niteliktedir.

Bu derleme, OSB'nin genetik ve epigenetik temellerini duygusal ve psikososyal işlevlerle entegre ederek değerlendiren bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Elde edilen bulgular, hem klinik müdahale stratejilerinin geliştirilmesi hem de kişiselleştirilmiş erken tanı sistemlerinin oluşturulması açısından önemlidir.

Çizelge 1. Otizm Spektrum Bozukluğunda Genetik-Epigenetik Faktörler ve Duygusal Regülasyon ve Rezilyansa Etkileri

Mekanizma	Açıklama / İşlevsel Rol	İlgili Bulgular / Genler	Duygusal Regülasyona etkisi	Psikolojik Rezilyansa etkisi
Genetik varyasyonlar	Poligenik risk, sinaptik plastisite bozulması	SHANK3, CHD8, NRXN1, CNTNAP2	Amigdala-prefrontal iletişim zayıflar	Kalıtsal duyarlılık PR'yi azaltabilir
CNV'ler	15q11–13, 16p11.2 bölgeleri	Sinaptik genlerde duplikasyon/delesyon	Sosyal-duygusal uyarana atipik tepki	Genetik yük çevresel uyumu azaltır
DNA metilasyonu	Promotor bölge metilasyonu	MECP2, OXTR, LINE-1, Alu	HPA aksı aktivasyonu, stres tepkisi	Metilasyon profili PR esnekliğini etkiler
Histon modifikasyonu	Kromatin yeniden yapılanması	H3K9 asetilasyonu,	Duygusal bellek işleme değişir	Nöroplastisite PR'yi destekler

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

		H3K27 metilasyonu		
miRNA düzenlemesi	Post-transkripsiyonel kontrol	miR-132, miR-146a, miR-181b	Duygusal ifade ve adaptif davranışla ilişkili	miRNA profili stres yanıtını modüle eder
Epigenetik saat	Metilasyona dayalı biyolojik yaş	Yaşa bağlı CpG bölgeleri	Epigenetik yaşlanma duygusal olgunlaşmayı etkiler	Yüksek PR → yavaş yaşlanma
İmmün–epigenetik etkileşim	Sitokin genlerinde epigenetik değişim	IL6, TNF-α	İltihap aracılı DR değişimleri	Anti-inflamatuvar yanıt PR'yi güçlendirir

KAYNAKÇA

1. American Psychiatric Association, D., & Association, A. P. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5 (Vol. 5, Issue 5). Washington, DC: American Psychiatric Association.
2. Kubota, T., & Mochizuki, K. (2016). Epigenetic effect of environmental factors on autism spectrum disorders. Genes, 7(5), 100.
3. Mazefsky, C. A., Herrington, J., Siegel, M., Scarpa, A., Maddox, B. B., Scahill, L., & White, S. W. (2013). The role of emotion regulation in autism spectrum disorder. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 52(7), 679–688.
4. Shen, M. D., Li, D. D., Keown, C. L., Lee, A., Johnson, R. T., Angkustsiri, K., … & Nordahl, C. W. (2016). Functional connectivity of the amygdala is disrupted in preschool-aged children with autism spectrum disorder. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 55(9), 817–824.
5. Choi, K. W., Stein, M. B., Dunn, E. C., Koenen, K. C., & Smoller, J. W. (2019). Genomics and psychological resilience: A research agenda. Molecular Psychiatry, 24(12), 1770–1778.
6. Smeeth, D., Beck, S., Karam, E. G., & Pluess, M. (2021). The role of epigenetics in psychological resilience. The Lancet Psychiatry, 8(7), 620–629.
7. Tick, B., Bolton, P., Happé, F., Rutter, M., & Rijsdijk, F. (2016). Heritability of autism spectrum disorders: A meta-analysis of twin studies. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 57(5), 585–595.
8. Vorstman, J. A. S., Parr, J. R., Moreno-De-Luca, D., Anney, R. J. L., Nurnberger, J. I. Jr., & Hallmayer, J. F. (2017). Autism genetics: Opportunities and challenges for clinical translation. Nature Reviews Genetics, 18(6), 362–376.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

9. Yoon, S. H., Choi, J., Lee, W. J., & Do, J. T. (2020). Genetic and epigenetic etiology underlying autism spectrum disorder. International Journal of Molecular Sciences, 21(19), 1–22.
10. Li, R., & Ernst, J. (2025). Identifying associations of de novo noncoding variants with autism through integration of gene expression, sequence, and sex information. Genome Biology, 26, 156.
11. Anitha, A., & Thanseem, I. (2016). Chapter 5: microRNA and autism. In Molecular Genetics and the Human Personality (pp. xxx–xxx). Elsevier.
12. Kubota, T. (2016). Epigenetic alterations induced by environmental stress associated with metabolic and neurodevelopmental disorders. Genes and Environment, 38, 13.
13. Saeliw, T., Permpoon, T., Iadsee, N., Tencomnao, T., Hu, V. W., Sarachana, T., … & Sae-Lee, C. (2022). LINE-1 and Alu methylation signatures in autism spectrum disorder and their associations with the expression of autism-related genes. Scientific Reports, 12, 13970.
14. Conner, C. M., White, S. W., Beck, K. B., Golt, J., Smith, I. C., & Mazefsky, C. A. (2019). Improving emotion regulation ability in autism: The Emotional Awareness and Skills Enhancement (EASE) program. Autism, 23(5), 1273–1287.
15. de Souza Reis, V. N., Tahira, A. C., Portolese, J., Feio dos Santos, A. C., Lisboa, B., Brunoni, D., … & Vêncio, R. Z. N. (2022). Environmental influences measured by epigenetic clock and vulnerability components at birth impact clinical ASD heterogeneity. Molecular Autism, 13, 18.
16. Zhang, A., Zhang, Y., Meng, Y., Ji, Q., Ye, M., Zhou, L., … & Zhan, Y. (2024). Associations between psychological resilience and epigenetic clocks in the health and retirement study. GeroScience, 46, 961–968.
17. Cai, R. Y., Richdale, A. L., Uljarevic, M., Dissanayake, C., & Samson, A. C. (2022). Emotion regulation in autism spectrum disorder: Where we are and where we need to go. Autism Research, 15(2), 216–230.
18. Hicks, S. D., Ignacio, C., Gentile, K., & Middleton, F. A. (2016). Salivary miRNA profiles identify children with autism spectrum disorder, correlate with adaptive behavior, and implicate ASD candidate genes involved in neurodevelopment. BMC Pediatrics, 16, 52.
19. Ben Hassen, N., Molins, F., Garrote-Petisco, D., & Serrano, M. A. (2023). Emotional regulation deficits in autism spectrum disorder: The role of alexithymia and interoception. Research in Developmental Disabilities, 132, 104378.
20. Elsabbagh, M. (2020). Linking risk factors and outcomes in autism spectrum disorder: Is there evidence for resilience? BMJ, 368, l6880.
21. Niitsu, K., Rice, M. J., Houfek, J. F., Stoltenberg, S. F., Kupzyk, K. A., & Barron, C. R. (2018). A systematic review of genetic influence on psychological resilience. Biological Research for Nursing, 20(3), 292–307.
22. Nardone, S., & Elliott, E. (2016). The interaction between the immune system and epigenetics in the etiology of autism spectrum disorders. Frontiers in Neuroscience, 10, 329.
23. Restoya, D., Oriol-Escudé, M., Alonzo-Castillo, T., Magán-Maganto, M., Canal-Bedia, R., Díez-Villoria, E., … & Lugo-Marín, J. (2024). Emotion regulation and emotion dysregulation in children and adolescents with Autism Spectrum Disorder: A meta-analysis of evaluation and intervention studies. Clinical Psychology Review, 109, 102410.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

24. Leoni, M., Vanes, L. D., Hadaya, L., Kanel, D., Dazzan, P., Simonoff, E., … & Nosarti, C. (2023). Exploring cognitive, behavioral and autistic trait network topology in very preterm and term-born children. Frontiers in Psychology, 14, 1119196.
25. Song, A. Y., Bulka, C. M., Niemiec, S. S., Kechris, K., Boyle, K. E., Marsit, C. J., … & Ladd-Acosta, C. (2023). Accelerated epigenetic age at birth and child emotional and behavioral development: A meta-analysis. Epigenetics, 18(1), 2254971.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

A GIANT ADRENOCORTICAL CARCINOMA PRESENTING AS POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: A CASE REPORT

MD. Miray ASİLSOY

University of Health Sciences Kanuni Sultan Süleyman Training and Research Hospital
drmirayasilsoy@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-0216-0353

ABSTRACT

Adrenocortical carcinoma (ACC) is a rare malignancy, with an annual incidence of 0.5–2 cases per million and a median overall survival of approximately 3–4 years. A very small proportion of these tumors present clinically with virilization alone. Early diagnosis is critically important for survival. Although polycystic ovary syndrome (PCOS) is diagnosed with hyperandrogenism, oligomenorrhea/amenorrhea and polycystic ovary morphology, it should not be forgotten that it is a diagnosis of exclusion in which other causes of hyperandrogenism (e.g., nonclassical congenital adrenal hyperplasia, hyperprolactinemia, Cushing's syndrome, and adrenocortical carcinoma) must be examined. For a definitive diagnosis, it is important to have a good medical history and physical examination, as well as evaluation with basal hormone measurements in a stepwise manner and dynamic tests when necessary.

Here we report a case of an 18-year-old woman who presented to our outpatient endocrinology clinic with oligomenorrhea, acne, abdominal obesity, male-pattern hair loss, and hirsutism. She reported a history of PCOS and treatment with oral contraceptives for 5 months. The patient presented with marked biochemical hyperandrogenism (DHEA-S >1000 µg/dL, testosterone 1.92 ng/mL, androstenedione 7.45 µg/L) with normal DHEA and DHT. Suppressed ACTH with normal cortisol indicated an ACTH-independent adrenal source. Differential diagnoses included adrenal or ovarian tumors, late-onset CAH, MEN-related pathology, and adrenal NET. Elevated DHEA-S strongly suggested adrenal rather than ovarian origin, while normal 17-OHP excluded CAH, and normal pituitary/thyroid markers made MEN and NET unlikely. The constellation of severe androgen excess, high DHEA-S, ACTH suppression, and incomplete cortisol suppression favored an androgen-secreting aderenocortical tumor, most likely adrenocortical carcinoma.

Imaging studies showed a right adrenal mass with features indicative of ACC. The abdominal MRI demonstrated a large 90×75×60 mm right adrenal mass with heterogeneous enhancement and diffusion restriction, but no suppression on out-of-phase images. For staging purposes, a positron emission tomography (PET) scan was performed, which revealed no suspicious distant lesions or adenopathy.

Our patient underwent surgical resection, and histopathological examination confirmed the diagnosis of ACC. She was referred to a specialized clinic for follow-up and appropriate management. As there was no evidence of metastatic disease and the tumor was completely

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

resected, adjuvant chemotherapy was not administered. No recurrence or metastasis was detected in the first-year follow-up visits.

This case highlights that in patients presenting with virilization, not only PCOS but also other possible causes of virilization should be carefully investigated for differential diagnosis. Awareness of these findings may facilitate earlier evaluation and appropriate management.

Keywords: Adrenocortical carcinoma, PCOS, Hyperandrogenism

INTRODUCTION

Adrenocortical carcinoma (ACC) is a rare malignancy, with an annual incidence of 0.5-2 cases per million and a median overall survival of approximately 3-4 years [1]. It is more prevalent in females and exhibits a bimodal age distribution, with incidence peaking in early childhood and again during the fourth to fifth decades of life [2]. Cases observed in childhood are often associated with genetic mutations, while sporadic cases are more common in adults [3]. Patients most commonly present with hypercortisolism, either alone or combined with virilization. In adults, isolated hyperandrogenism is rare, occuring in only 3% to 5% of cases [4].

Here, we present a case of ACC that was previously diagnosed with polycystic ovary syndrome (PCOS) and showed only virilization features significant size.

CASE PRESENTATION

A 18-year-old woman was referred to endocrinology and metabolism disease due to a 10-month history of hirsutism, abdominal obesity, acne, male pattern hair loss and oligomenorrhea. Additionally, for the last 5 months, she was diagnosed with PCOS by gynecologyists and treated with oral contraceptives. Her past and family history was unremarkable. On physical examination, the patient was normotensive, her height was 155 cm, her weight was 80 kg and body mass index (BMI) was 33,3. She had no striae and proximal muscle weakness. Ferriman-Gallwey score was 25. The patient was normotensive and had no history of hypertension, paroxysmal headaches, palpitations or diaphoresis.

INVESTIGATIONS

The patient's hormonal evaluation demonstrated significant elevations in androgen levels. Serum dehydroepiandrosterone sulfate (DHEA-S) was markedly increased at >1000 µg/dL (N: 65.1–368 µg/dL), total testosterone was elevated at 1.92 ng/mL (N: 0.06–0.82 ng/mL), and 1,4 androstenedione was also raised at 7.45 µg/L (N: 0–4.71 µg/L). Notably, dehydroepiandrosterone (DHEA) and dihydrotestosterone (DHT) levels were within normal ranges.

Further evaluation of adrenal function revealed a slightly increased 17-hydroxyprogesterone (17-OHP) level of 4.43 µg/L (N: 0.47–4.32 µg/L). A low-dose dexamethasone suppression test (1 mg) resulted in a cortisol level of 13.4 µg/dL, and a subsequent 2 mg dexamethasone suppression test over two days yielded a cortisol level of 10.1 µg/dL, indicating an incomplete suppression of cortisol secretion. Basal adrenocorticotropic hormone (ACTH) was suppressed at <2 ng/L (N: 7.2–63.3 ng/L), with a corresponding cortisol level of 11.6 µg/dL (N: 6.2–19.4

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

µg/dL), suggestive of ACTH independent adrenal hormone secretion. Additionally, the aldosterone-renin ratio and plasma metanephrines were within normal limits.

The abdominal MRI (figure 1) showed a large 90X75X60 mm right adrenal mass with heterogeneous enhancement and diffusion restriction, but no suppression on out-of-phase images. For staging purposes, a positron emission tomography (PET) scan (figure 2) was performed, which showed no suspicious distant lesions or adenopathy.

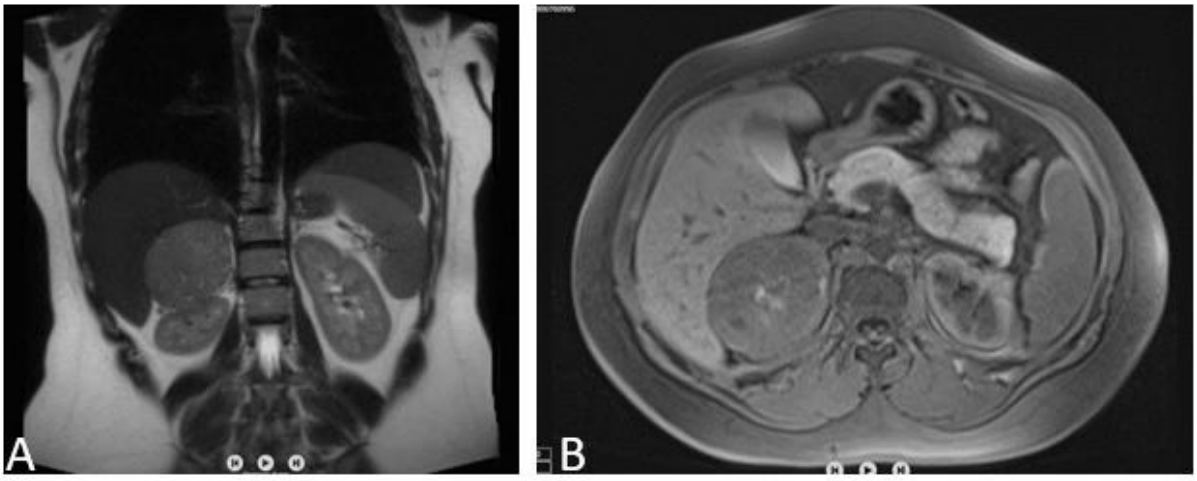


Figure 1 Coronal section (A) and axial section (B) of abdominal MRI showing a 90X75X60 mm right adrenal mass with heterogeneous enhancement and diffusion restriction, but no suppression on out-of-phase images.

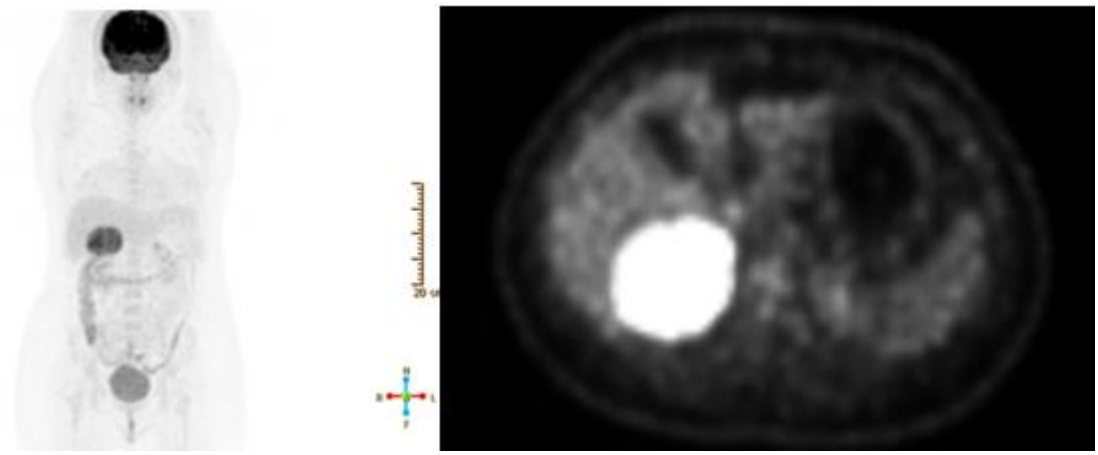


Figure 2 FDG-18 PET CT showing a nodular hypodense lesion measuring 85 x 67 mm with pathologically increased FDG uptake was observed in the right adrenal gland (SUVmax: 13.0).

DIFFERENTIAL DIAGNOSIS

The patient presented with significant biochemical hyperandrogenism, including markedly elevated DHEA-S (>1000 µg/dL), total testosterone (1.92 ng/mL), and 1,4-androstenedione (7.45 µg/L), while DHEA and DHT levels remained within normal ranges. The suppressed basal ACTH (<2 ng/L) with normal cortisol levels suggests an ACTH-independent adrenal source. Given the rapid onset and severity of androgen excess, the primary differential

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

diagnoses included an androgen-secreting adrenal tumor (adrenocortical carcinoma or adenoma), an androgen-secreting ovarian tumor, late-onset congenital adrenal hyperplasia (CAH), multiple endocrine neoplasia (MEN)-associated adrenal pathology, and a neuroendocrine tumor of adrenal origin. The significantly elevated DHEA-S strongly favored an adrenal rather than ovarian etiology**,** making ovarian tumors such as Sertoli-Leydig cell tumors unlikely. While CAH, particularly 21-hydroxylase deficiency, could present with hyperandrogenism, the normal Synacthen-stimulated 17-OHP response ruled this out. Although MEN syndromes can involve adrenal tumors, normal anterior pituitary hormone levels, neck ultrasound, and calcitonin levels argued against MEN 1 or MEN 2. A neuroendocrine tumor (NET) of adrenal origin was also considered, but the normal NSE (13.2 ng/mL) did not strongly support this diagnosis. Ultimately, the combination of severe androgen excess, elevated DHEA-S, ACTH suppression, and incomplete cortisol suppression on dexamethasone suppression testing made an androgen-secreting adrenocortical tumor the most likely diagnosis, with adrenocortical carcinoma (ACC) being the primary concern given the high androgen levels and hormonal autonomy. Further imaging and histopathological evaluation were crucial for definitive diagnosis and staging.

TREATMENT

The patient underwent surgical resection of the adrenal mass. Gross pathology revealed a 9×7.5×6 cm, 220 g malignant oncocytic adrenocortical tumor with a diffuse growth pattern, necrosis, and a high mitotic rate (50 mitoses per 50 high-power fields), including atypical mitoses and cellular pleomorphism**.** The presence of focal clear cells was noted. Importantly, capsular, venous, and vascular invasion were not identified**,** suggesting a potentially less aggressive course compared to widely invasive adrenocortical carcinoma (ACC). She was referred for further specialized oncological care with the histology report.

OUTCOME AND FOLLOW-UP

Following surgical resection, the patient was referred to an oncology center for further evaluation and management. Given the absence of vascular invasion, a close follow-up protocol was established, involving periodic imaging (CT/MRI) and serial hormonal assessments every six months to monitor for tumor recurrence or metastasis. Regular measurements of serum DHEA-S, testosterone, and androstenedione were scheduled to detect early biochemical recurrence. As there was no evidence of metastatic disease and the tumor was completely resected, adjuvant chemotherapy was not administered. The patient remained under active surveillance, with adjustments to the follow-up plan based on clinical and imaging findings. No recurrence or metastasis was detected in the first year follow-up visits.

DISCUSSION

Adrenocortical carcinoma (ACC) is a rare but highly aggressive malignancy with a poor prognosis, often diagnosed at an advanced stage due to its nonspecific and insidious presentation[5,6]. The presence of virilizing symptoms, such as hirsutism, menstrual irregularities, and androgen excess, can frequently lead to a misdiagnosis of polycystic ovary syndrome (PCOS), delaying appropriate management [7]. In this case, despite an initial misdiagnosis of PCOS, the patient was correctly identified with an androgen-secreting

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

adrenocortical tumor at an early stage, allowing for timely surgical intervention and successful disease control without adjuvant chemotherapy. This highlights the importance of considering adrenal pathology in patients with severe hyperandrogenism, particularly when androgen levels are markedly elevated beyond the typical range seen in PCOS [4].

A distinguishing feature of this case was the marked elevation of DHEA-S (>1000 µg/dL), a finding highly suggestive of adrenal origin, as opposed to ovarian hyperandrogenism, where DHEA-S levels are typically within the normal or mildly elevated range [8]. Additionally, the suppressed ACTH (<2 ng/L) and the presence of ACTH-independent cortisol production further supported an adrenal source. Given that ACC is often diagnosed late, when curative treatment is no longer possible, the early identification of this tumor played a critical role in achieving a favorable outcome. The rapid clinical progression and high androgen levels should have raised suspicion for an adrenal tumor earlier in the disease course, underscoring the need for increased awareness among clinicians regarding the limitations of a PCOS diagnosis when severe virilization is present [9].

Histopathological analysis confirmed a malignant oncocytic adrenocortical tumor (OAT), a rare subtype of ACC with unique biological behavior. Malignant OATs are known for their uncertain prognosis, with some cases demonstrating aggressive behavior while others remain indolent [10]. The absence of vascular invasion, venous invasion, and capsular invasion in this patient suggests a less aggressive tumor biology, potentially explaining the successful outcome without adjuvant therapy [2]. However, the presence of high mitotic activity (50 mitoses per 50 HPF), nuclear atypia, and necrosis indicated a high-risk tumor, necessitating close surveillance.

Despite the established role of mitotane as an adjuvant therapy for ACC, it was not administered in this case due to the lack of vascular invasion and the completeness of resection [11]. Additionally, systemic chemotherapy was not initiated, as the patient did not exhibit distant metastases or residual disease. This challenges the conventional approach to ACC management, demonstrating that certain well-selected cases of malignant OATs may achieve disease control with surgery alone [12]. The patient was placed on a structured follow-up protocol with serial imaging (CT/MRI) and hormonal assessments every six months, emphasizing the importance of long-term monitoring in cases where adjuvant therapy is not administered [13].

The prognosis of ACC remains poor, with a reported five-year survival rate of 0–28% for metastatic disease [14]. However, this case represents a notable exception, where early diagnosis and curative resection led to disease-free survival without the need for adjuvant chemotherapy. This underscores the potential for favorable outcomes in select patients with malignant OATs, reinforcing the critical role of timely recognition of hyperandrogenic adrenal tumors [15]. Given the initial misdiagnosis as PCOS, this case serves as a reminder that clinicians should maintain a high index of suspicion for adrenal tumors in patients with severe, rapidly progressing hyperandrogenism, particularly when androgen levels exceed those typically seen in ovarian disorders [16].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Moving forward, further research is needed to better characterize the biological behavior of malignant OATs and to refine treatment algorithms for cases where the necessity of adjuvant therapy remains uncertain [17]. Improved risk stratification tools, including molecular profiling, could help identify which patients may safely forgo chemotherapy while still achieving durable remission [18]. This case highlights the need for a multidisciplinary and individualized approach in managing ACC, particularly in patients who may benefit from surgery alone.

REFERENCES

[1] Yadav, R., Dassi, V., & Kumar, A. (2016). Adrenocortical carcinoma with inferior vena cava thrombus: Renal preserving surgery. Indian Journal of Urology, 32(2), 161–163.

[2] Paragliola, R. M., Corsello, A., Locantore, P., et al. (2020). Medical approaches in adrenocortical carcinoma. Biomedicines, 8, 551.

[3] Michalkiewicz, E., Sandrini, R., Figueiredo, B., et al. (2004). Clinical and outcome characteristics of children with adrenocortical tumors: A report from the International Pediatric Adrenocortical Tumor Registry. Journal of Clinical Oncology, 22, 838–845.

[4] Ng, L., & Libertino, J. M. (2003). Adrenocortical carcinoma: Diagnosis, evaluation and treatment. Journal of Urology, 169, 5–11.

[5] Fassnacht, M., Dekkers, O., Else, T., et al. (2018). European Society of Endocrinology clinical practice guidelines on the management of adrenocortical carcinoma in adults, in collaboration with the European Network for the Study of Adrenal Tumors. European Journal of Endocrinology, 179(G1), G1–G46.

[6] Else, T., Kim, A. C., Sabolch, A., et al. (2014). Adrenocortical carcinoma. Endocrine Reviews, 35, 282–326.

[7] Macut, D., Ilić, D., Mitrović Jovanović, A., et al. (2019). Androgen-secreting ovarian tumors. Frontiers in Hormone Research, 53, 100–107.

[8] Klinge, C. M., Clark, B. J., & Prough, R. A. (2018). Dehydroepiandrosterone research: Past, current, and future. Vitamins and Hormones, 108, 1–28.

[9] Lau, S. K., & Weiss, L. M. (2009). The Weiss system for evaluating adrenocortical neoplasms: 25 years later. Human Pathology, 40, 757–768.

[10] Jasim, S., & Habra, M. A. (2019). Management of adrenocortical carcinoma. Current Oncology Reports, 21, 20.

[11] Allolio, B., & Fassnacht, M. (2006). Clinical review: Adrenocortical carcinoma: Clinical update. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 91, 2027–2037.

[12] Libé, R. (2015). Adrenocortical carcinoma (ACC): Diagnosis, prognosis, and treatment. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 3, 45.

[13] Terzolo, M., Angeli, A., Fassnacht, M., et al. (2007). Adjuvant mitotane treatment for adrenocortical carcinoma. New England Journal of Medicine, 356, 2372–2380.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[14] Berruti, A., Baudin, E., Gelderblom, H., et al. (2012). Adrenal cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment, and follow-up. Annals of Oncology, 23(Suppl 7), vii131–vii138.

[15] Kebebew, E., Reiff, E., Duh, Q. Y., et al. (2006). Clinical outcomes of adrenocortical carcinoma treated at a single institution. Annals of Surgery, 244, 873–881.

[16] Daffara, F., De Francia, S., Reimondo, G., et al. (2008). Prospective evaluation of mitotane toxicity in adrenocortical carcinoma patients treated adjuvantly. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 93, 4509–4515.

[17] Libé, R., Assié, G., Jouinot, A., et al. (2020). Molecular markers of adrenocortical carcinoma. Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism, 34, 101400.

[18] Fassnacht, M., Assié, G., Baudin, E., et al. (2011). Adrenocortical carcinoma: From genetics to clinical management. Endocrine Reviews, 32, 755–787.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THE INHIBITORY ROLE OF EPICATECHIN, A THERAPEUTIC TARGET AS AN ANTIMICROBIAL AGENT, ON THE GROWTH OF THE BACTERIAL STRAINS

Assoc. Prof. Tuba UNVER

Inonu University, tuba.unver@inonu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8655-2716

ABSTRACT

This study investigated the inhibitory effect of Epicatechin (EC), a flavonoid family substance, on Gram-positive and Gram-negative bacteria. Today, antibacterial resistance is an inevitable fact. However, the average production process for antibacterial agents takes 12-15 years. It has been widely accepted that bacteria have developed resistance to antibiotics since the 1970s. Considering all these situations, the need for safer, accessible, and effective alternative treatment options is increasing. Thus, the antibacterial effect of EC could form a basis for future clinical studies. In this study, minimum inhibitory concentrations (MICs) were determined using the Agar dilution method and the Broth microdilution method. MIC values of EC against *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Escherichia coli* ATCC 10536, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145, *Staphylococcus aureus* ATCC 12600, taken from the American Type Culture Collection (ATCC), were determined. This study investigated the antimicrobial effect of EC under *in vitro* conditions. The MICs of EC against five different bacterial species were determined by dilution methods. The MIC values were found to be between 0.488 and 3.906 mg/mL, and EC was observed to be bactericidal. These results are a preliminary study that guides the usability of EC as a natural antibacterial agent in medicine, pharmacy, and the food industry. Thus, the antibacterial effect of EC could form a basis for future clinical studies.

Keywords: Antibiotic resistance, Antibacterial effect, Epicatechin, Minimum inhibitory concentration

1.INTRODUCTION

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

In recent years, increasing antibiotic resistance has posed a serious threat to public health on a global scale. According to the World Health Organization, infections caused by antibiotic-resistant microorganisms result in the deaths of millions of people each year, making it challenging to control both Gram-positive and Gram-negative bacteria, which are particularly prevalent in hospitals [1]. Therefore, the need for new, effective and safe antimicrobial agents is increasing. In this context, the antimicrobial potential of biological compounds obtained from natural sources has attracted significant attention in recent years. Polyphenolic compounds, specifically flavonoids, are among the prominent phytochemicals in this field due to their antioxidant and antimicrobial properties. One of these flavonoids, Epicatechin (EC), is a catechin derivative found abundantly in cocoa, green tea and some fruits, and attracts attention with its various pharmacological effects [2, 3].

Epicatechin (EC) is a flavan-3-ol compound belonging to a large family of biomolecules called flavonoids and is widely distributed in the plant kingdom [4]. EC is one of the most abundant plant polyphenols in the human diet [5,6]. The most fundamental pharmacological property of EC is that it exhibits potent antioxidant activity. It can protect cell membranes, proteins, and DNA from damage by reducing oxidative stress caused by free radicals. This effect is attributed to the direct neutralization of reactive oxygen species, including superoxide, hydroxyl, and peroxyl radicals [7]. It also indirectly supports endogenous antioxidant defense systems, especially by increasing the activity of enzymes such as glutathione peroxidase and superoxide dismutase [8]. In addition, anticancer effects have been described in different types of cancer, including breast, prostate, and lung [9, 10]. The anticancer activity, stability, and selectivity of EC are much higher than those of other catechins, but their anticancer activities are not evident when used alone. In addition, when EC forms synergy with other anticancer drugs, its anticancer activity is significantly enhanced, a phenomenon not observed with other catechins [11,12]. In addition to the antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, cardioprotective and neuroprotective properties of EC, its antimicrobial effects have also been the subject of research in recent years [13]. Studies on the antimicrobial effects of EC have revealed that this compound can have a specific inhibitory effect against both Gram-positive and Gram-negative bacteria [14]. While Gram-positive bacteria may be more sensitive to some antibiotics due to their thick peptidoglycan walls, Gram-negative bacteria may be resistant due to their outer membrane structure [15]. However, the fact that EC is effective against both bacterial groups makes evaluating this compound as an antimicrobial agent attractive. It is thought that EC acts through mechanisms such as disrupting the bacterial cell membrane, increasing permeability and

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

inhibiting protein and nucleic acid synthesis [16]. Studies have shown that EC is a compound that can be evaluated pharmacologically as an antimicrobial compound. However, although the microorganism strains used in these studies were different, the minimum inhibitory concentration (MIC) values of EC could not be determined in most studies. Therefore, this study explains the MIC values and mechanism of action of EC against the tested microorganisms.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1.Epicatechin and Chemical Reagents

EC was supplied by BLDpharm (CAS No: 490-46-0; Shanghai, China). This compound, with the molecular formula C15H14O6, is defined as (2R,3R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,4-dihydro-2H-chromone-3,5,7-triol. Its molecular weight is 290.27 g/mol, and its purity is 97.78%. Its physical appearance is crystalline powder, and its chemical structure is shown in Figure 1. Dimethylsulfoxide (DMSO), used as a solvent, was supplied by Sigma-Aldrich (CAS No: 67-68-5, Darmstadt, Germany). Rezasurin sodium salt, used to detect microorganism growth, was supplied by Sigma-Aldrich (CAS No: 62758-13-8, Darmstadt, Germany).

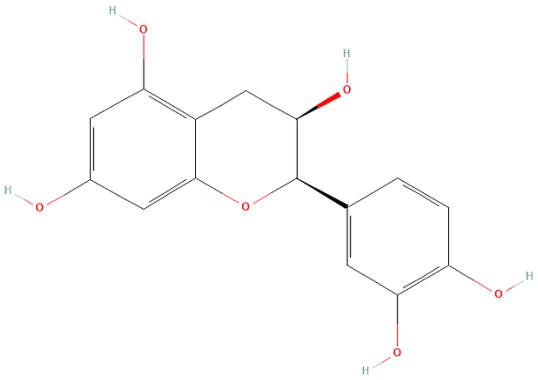


Figure 1. Chemical structure of Epicatechin [17]

2.2 Antibacterial Activity of EC

2.2.1 Broth Microdilution Method

In order to evaluate the antibacterial activity of EC, its growth inhibition capacity on five different types of microorganisms was investigated. The microorganisms tested in the study were *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 13883), *Escherichia coli* (ATCC 10536), *Enterobacter*

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

aerogenes (ATCC 13048), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 10145), and *Staphylococcus aureus* (ATCC 12600). Müller-Hinton agar was used as the medium for the growth and cultivation of these bacteria. The antibacterial effects of EC were evaluated based on broth microdilution and agar dilution methods previously used in the literature [18].

First, 250 mg EC was dissolved in 250 µL of DMSO to determine the minimum inhibitory concentration (MIC). In the microplates used to examine the antibacterial activity, 150 µL of Muller-Hinton broth was added to the first well, and 100 µL of Muller-Hinton broth was added to the remaining wells. Then, 50 µL of DMSO suspension containing 50 mg EC was added to the first well, and two-fold dilutions were made serially. After preparing standard inocula of bacterial species, they were inoculated into designated wells of the microplate and left in the oven overnight. The following day, the microplate was treated with resazurin and the color change in the wells was interpreted. Resazurin is a dye that changes from blue to pink resorufin through a redox reaction, reflecting cell metabolism. It is widely used in quantitatively evaluating microorganism viability in MIC tests. Due to its low toxicity, high sensitivity and easy applicability, it is especially preferred in the screening of antimicrobial activities of natural products [19].

2.2.2 Agar Dilution Method

In the study carried out with the agar dilution method, first 750 mg EC was dissolved in 750 µL DMSO. The resulting solution was added to 12 ml Muller Hinton agar medium to prepare an agar plate containing EC at a concentration of 62.5 mg/mL. This mixture was diluted by two-fold serial dilution method to obtain plates with different EC concentrations. Thus, Muller Hinton agar plates containing EC at various concentrations were divided into five separate areas for the tested bacterial strains.

Microorganism strains were suspended in distilled water and adjusted according to the 0.5 McFarland standard. 1 µL suspension of each bacterial strain was inoculated into the relevant areas of the designated agar plates. *K. pneumoniae, E. aerogenes, P. aeruginosa, E. coli* and *S. aureus* strains were inoculated from the first to the fifth zone of the plates, respectively. Then, all plates were incubated at 36.5°C for 24 hours to evaluate bacterial growth.

3. RESULTS

3.1. Results of Broth Microdilution Method

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The results of the broth microdilution method, used to evaluate the antibacterial effect of EC, are presented in Figure 2. In this method, the change in color from blue-purple to pink in the well indicates that resazurin is metabolized by living microorganisms and converted to resorufin, thus indicating microbial growth [19]. The concentrations in wells 1st to 10th are 250, 125, 62.5, 31.25, 15.625, 7.813, 3.906, 1.953, 0.977 and 0.488 mg/ml, respectively. Wells 11th and 12th are positive and negative control groups (Figure 2).

As a result of the microdilution method, it was observed that *P. aeruginosa* and *K. pneumoniae* grew starting from the fourth well. Based on these findings, the MIC of EC for both bacteria was determined as 62.5 mg/mL. *E. aerogenes* and *S. aureus* showed growth starting from the third well. *E. coli* started to grow after the fifth well. According to these results, the MIC values of EC for *E. aerogenes* and *S. aureus* were determined to be 125 mg/mL, and for *E. coli*, 31.25 mg/mL (Table 1). In addition, the eleventh well on the microplate was used as a positive control, demonstrating the viability of the tested microorganism. The twelfth well was evaluated as a negative control, confirming that there was no contamination during the application period.

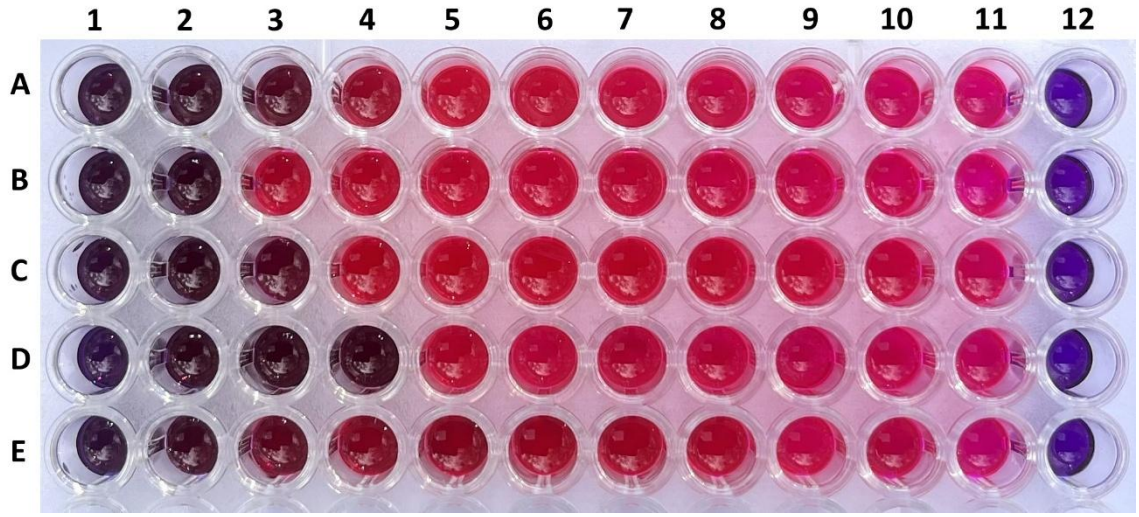


Figure 2. The result of antibacterial activity test of EC against *K. pneumoniae* (A), *E. aerogenes* (B), *P. aeruginosa* (C), *E. coli* (D), *S. aureus* (E) using broth microdilution method.

3.2 Results of Agar Dilution Method

After overnight incubation, all agar plates were evaluated in detail to determine MIC values. MIC values were calculated according to the criteria set by the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) [20]. In the agar dilution antibacterial activity experiments, the concentrations on plates A to K were determined as 62.5, 31.25, 15.625, 7.813, 3.906, 1.953,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

0.977, 0.488, 0.244, 0.122 and 0.061 mg/mL, respectively. Plate L represents the positive control (Figure 3).

As a result, two colonies were observed on plate I, of *K. pneumoniae* containing 0.244 mg/mL EC, while more intensive colony growth was observed on plate J. In line with these observations, the MIC value of EC against *K. pneumoniae* was determined as 0.488 mg/mL. On the other hand, it was observed that colonies of *E. aerogenes, P. aeruginosa* and *E. coli* bacteria started to grow from plate F. This reveals that the MIC value of EC for these bacteria was 3.906 mg/mL. *S. aureus* grew as a few colonies on plate H and as dense colonies from plate I. Therefore, the MIC value of EC against *S. aureus* was determined as 0.977 mg/mL (Figure 3). Plate L was used as a positive control to verify the viability and purity of all tested bacterial strains (Table 1).

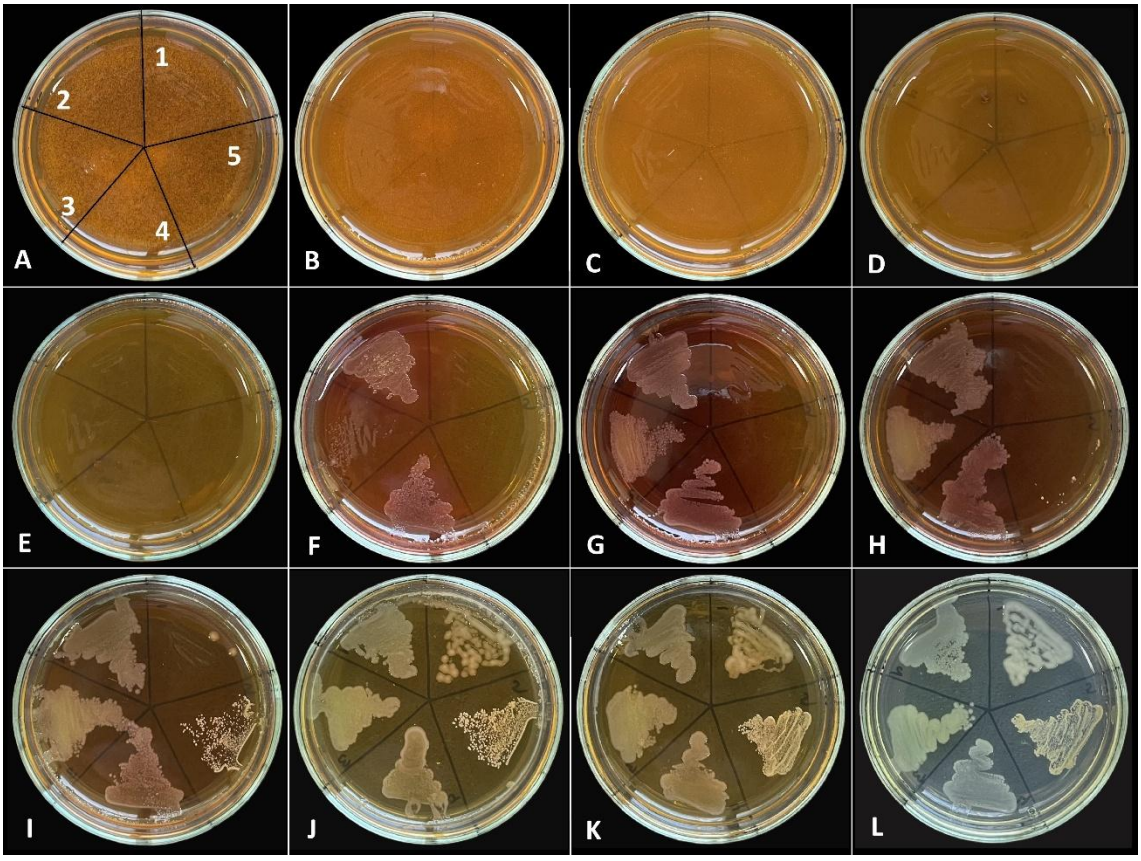


Figure 3. Antibacterial activity test result of EC against *K. pneumoniae* (1), *E. aerogenes* (2), *P. aeruginosa* (3), *E. coli* (4), and *S. aureus* (5) using the agar dilution method

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Table 1. MIC values of EC against different bacterial species were obtained from the dilution methods.

Microorganisms	MIC values as results of the broth microdilution method (mg/mL)	MIC values as results of the agar dilution method (mg/mL)
K. pneumoniae	62.5	0.488
E. aerogenes	125	3.906
P. aeruginosa	62.5	3.906
E. coli	31.25	3.906
S. aureus	125	0.977

4.DISCUSSION

As a result of this study, it was determined that EC exhibited antibacterial effects against both Gram-negative and Gram-positive bacteria at specific rates. Our research findings, which draw attention to low MIC values, especially in pathogens such as *K. pneumoniae, S. aureus* and *E. coli*, show that EC not only inhibits growth on these pathogenic microorganisms but also has bactericidal properties at a level that causes cell death. While the antioxidant and cardioprotective effects of EC are generally emphasized in the literature, this study emphasized its antibacterial aspect more strongly.

The effect of EC against bacteria has been observed in both Gram-positive and Gram-negative species. However, it is reported that its effectiveness against this group is higher due to the structural differences in the cell walls of Gram-positive bacteria [4]. The mechanism of action of EC can be summarized as causing an increase in permeability in the cell membrane, allowing intracellular components to leak out, inhibiting DNA and protein synthesis, and disrupting the activity of cell wall enzymes [21]. The antibacterial effect of EC can be affected by many factors, such as species, concentration, environmental conditions and physiological status of the bacteria. Therefore, studies that comparatively examine the inhibitory effect of EC on different Gram-positive and Gram-negative bacteria are of great importance for the usability of this compound in clinical applications. In addition, the low toxicity level of EC and its compatibility with biological systems make it possible to evaluate this compound as a food preservative, wound healing or anti-infection agent [22]. EC stands out with its low toxicity profile. Studies conducted with human cells have shown that EC is highly compatible with biological systems and does not cause toxic effects on organ systems [23].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The antimicrobial effect of EC is powerful on Gram-positive bacteria. It provides growth inhibition even at low concentrations against bacteria such as *S. aureus*. The main mechanism of this effect may be increased permeability in the cell membrane and disruption of cellular metabolism [24]. In addition, it has been reported that EC can indirectly affect DNA and protein synthesis, thus limiting cell proliferation [25]. Its effect against Gram-negative bacteria is more limited due to the lipopolysaccharide layer in the membrane structure. However, it has been shown that it can suppress the growth of species such as *E. coli* at high concentrations [26]. At the same time, EC may contribute to preventing chronic infections by reducing the ability of bacteria to form biofilms [4].

Recently, it has been confirmed that EC directly binds to peptidoglycan, interferes with the integrity and biosynthesis of the bacterial cell wall, and increases the activity of *β*-lactams against methicillin-resistant *S. aureus* [27]. It has also been reported that EC acts as a *norA* gene suppressor [28] and reduces *β*-lactam MICs to the antibiotic breakpoint, thus increasing the antimicrobial activity of these antibiotics [29,30]. EC is particularly effective against three bacterial species: *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, and *S. aureus* [31]. Various studies have shown that EC is effective as a growth inhibitor against Gram-positive and Gram-negative bacteria *in vitro*. It has demonstrated antibacterial activity, especially against pathogens such as S. *aureus*, *E. coli*, and *S. enterica.* EC may exert this effect by increasing the permeability of the microbial cell membrane or inhibiting enzymatic systems [22]. In a 2018 study, it was determined that EC suppressed the growth of pathogenic species in the oral flora, such as *Streptococcus mutans* and *Staphylococcus epidermidis*, and prevented biofilm formation [32]. In the same study, it was stated that EC can show this effect even at low concentrations. On the other hand, it has been reported that higher concentrations are required against some Gram-negative bacteria such as *Pseudomonas aeruginosa* [33]. Studies show that EC has a significant bacteriostatic effect, especially against Gram-positive bacteria such as *S. aureus* and *B. subtilis*, and exhibits more limited but still significant inhibitory effects against Gram-negative bacteria such as *E. coli* and *P. aeruginosa* [34]. It is also reported that EC creates synergistic effects when used together with antibiotics, and this feature can support current treatment approaches [35]. However, in this study, it was proven that EC has a cidal effect on microorganisms.

Studies investigating the effects of EC on pathogens, such as *H. pylori, L. monocytogenes* and *S. aureus* have shown that EC is effective by disrupting cell membrane structure or inhibiting enzymatic systems. These effects are important in researching natural alternatives, especially

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

in combating microorganisms with developed antibiotic resistance [36]. In a study, the antibacterial activity of EC was investigated against different strains of microorganisms. The microorganisms used in the study included different strains of *E. coli* (ATCC 25922), *S. aureus* (ATCC 25923) and *P. aeruginosa* (ATCC 27853). The MIC values obtained for EC were determined as 400 µg/mL against *E. coli*, 200 µg/mL against *S. aureus* and 200 µg/mL against *P. aeruginosa*. These findings indicate that EC has the potential to inhibit the proliferation of bacterial cells and may be particularly effective against pathogenic bacteria such as *E. coli*. The study highlights the antibacterial properties of EC and potential treatment options [37].

In this study, the very low MIC value of 0.488 mg/mL was determined in the *K. pneumoniae* strain in the analyses performed with the agar dilution method, indicating that EC exhibits a high level of antimicrobial activity against this bacterium. Similarly, the MIC value of 0.977 mg/mL determined for *S. aureus* also supports its activity against Gram-positive bacteria. This suggests that EC may be effective against two bacterial groups with different cell wall structures. These data support the hypothesis that EC may have a multifaceted mechanism of action.

In this study, according to the results obtained with the broth microdilution method, MIC values were higher than the agar method. For example, a value of 62.5 µg/mL was obtained for the same *K. pneumoniae* strain in the broth method. This difference may be due to technical factors such as the test medium conditions of the methods used, diffusion capacities and stability of the compound. Factors such as the solubility of EC in broth medium, its interaction with cells or the risk of degradation in the medium may have reduced the level of activity [38-40]. However, its effectiveness against a clinically meaningful bacterium such as *K. pneumoniae* with a relatively low MIC value of 0.488 mg/mL demonstrates the antimicrobial potential of EC.

After microdilution experiments, the fact that bacterial colony development was not observed in samples that were passed from wells where no growth was observed in the Muller Hinton Agar medium indicates that EC has bactericidal properties. The observation of bactericidal effect shows that it not only stops cell growth but also causes the death of bacterial cells. This situation indicates that EC may be a potential alternative against treatment-resistant strains. Additionally, there is an increasing number of studies in the literature on the antibacterial activity of EC. The effects of EC against harmful bacteria are associated with various mechanisms such as increasing permeability in the cell membrane and infiltration, disrupting

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

enzyme systems or interfering with DNA replication. This versatile effect profile of flavonoids may provide advantages, especially against resistant strains. In this context, the inclusion of EC in treatment protocols, which shows a synergistic effect against bacteria to which classical antibiotics are not effective, is considered a potential strategy [27, 35]. Indeed, some studies have reported that minimum inhibitory concentrations are even lower when EC is used in combination with antibiotics. This suggests that EC may increase the effectiveness of existing antibiotics against resistant bacteria [27]. However, the use of carrier platforms, such as nanoparticle systems, should also be considered in future studies to increase the capacity of EC to reach intracellular targets and enhance its penetration efficiency in biofilm structures. Thus, the bioavailability of EC can be increased and its clinical application potential can be strengthened. In this study, the fact that EC was effective with lower MIC values, especially in Gram-positive bacteria such as *S. aureus*, suggests that EC can penetrate the cell wall structure more easily. On the other hand, the fact that it also showed a significant effect in resistant Gram-negative strains such as *P. aeruginosa* supports that this compound has a broad-spectrum potential. Although there are some differences between the results obtained with different dilution methods, both support the idea that EC may be a potential natural antimicrobial agent. These findings pave the way for evaluating EC in alternative treatment approaches supported by advanced pharmacological studies.

The findings of this study show that EC can be evaluated as an alternative natural antimicrobial agent and that interest in natural compounds has gained importance, especially in today's world, where antibiotic resistance is increasing. However, the data obtained are limited *in vitro*, and parameters such as EC's bioavailability, metabolic stability, toxicological profile, and *in vivo* efficacy have not yet been clarified. Therefore, advanced pharmacokinetic and pharmacodynamic studies are required to evaluate the therapeutic potential of EC fully.

5. CONCLUSION

This study evaluated the *in vitro* antimicrobial activity of EC, a natural flavonoid, against selected Gram-positive and Gram-negative bacteria. As a result of the experimental analyses performed using both agar dilution and broth microdilution methods, it was determined that EC showed significant antimicrobial activity against both Gram-positive species *S. aureus* and Gram-negative species *E. coli*, *E. aerogenes*, *K. pneumoniae* and *P. aeruginosa*. It was determined that EC inhibited bacterial growth at specific concentrations and exhibited

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

bactericidal activity against certain bacteria. These findings indicate that EC can be evaluated as a potential natural antimicrobial agent. The minimum inhibitory concentrations obtained from the study showed that EC can be effective even at low concentrations. The effectiveness of EC, especially against strains that have developed antibiotic resistance, increases the hope that this compound can be used in alternative or complementary treatment strategies.

Funding

This study was supported by the Inonu University Scientific Research Project Institution (IUBAP) (TLO-2025-3799).

REFERENCES

1.World Health Organization. Antibacterial agents in clinical development: an analysis of the antibacterial clinical development pipeline. Geneva: World Health Organization; 2020. Available from:https://www.who.int/publications/i/item/9789240000193. Accessed 2025 Jun 18.
2.Natsume M, Osakabe N, Yamagishi M, Takizawa T, Nakamura T, Miyatake H, Hatano T, Yoshida T. Analysis of polyphenols in cacao liquor, cocoa, and chocolate by normal-phase and reversed-phase HPLC. Biosci Biotechnol Biochem. 2000;64(12):2581–2587. doi:10.1271/bbb.64.2581.
3.Cushnie TPT, Lamb AJ. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. Int J Antimicrob Agents. 2011;38(2):99–107. doi:10.1016/j.ijantimicag.2011.02.014.
4.Portilla-Martínez A, Ortiz-Flores MÁ, Meaney E, Villarreal F, Nájera N, Ceballos G. (-)-EC Is a Biased Ligand of Apelin Receptor. Int J Mol Sci. 2022 Aug 11;23(16):8962. doi: 10.3390/ijms23168962. PMID: 36012227; PMCID: PMC9409145.
5.Cook NC, Samman S. Flavonoids: chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. J Nutr Biochem. 1996;7(2):66–76. doi:10.1016/S0955-2863(95)00168-9.
6.Augustin LS, Johnson IT, Boots AW, et al. Polyphenols: antioxidants and beyond. Am J Clin Nutr. 2005;81(1 Suppl):215S–217S. doi:10.1079/PHN2004668.
7.Lotito SB, Frei B. The increase in human plasma antioxidant capacity after apple consumption is due to the metabolic effect of fructose on urate, not apple-derived antioxidant flavonoids. Free Radic Biol Med. 2006;40(2):180–190. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2005.08.035.
8.Fraga CG, Oteiza PI, Galleano M. Cocoa flavanols: Effects on vascular nitric oxide and blood pressure. J Clin Biochem Nutr. 2011;48(2):63–67. doi:10.3164/jcbn.11-012
9.Almaguer G, Ortiz-Vilchis P, Cordero P, Martinez-Vega R, Perez-Durán J, Meaney E, Villarreal F, Ceballos G, Nájera N. Chemopreventive potential of (−)-epicatechin in a triple-negative mammary gland model. J Pharm Pharmacol. 2021;73:1675–1682. doi:10.1093/jpp/rgab133
10.Thomas P, Dong J. (−)-Epicatechin acts as a potent agonist for the membrane androgen receptor ZIP9 (SLC39A9) to promote apoptosis in breast and prostate cancer cells.J Steroid Biochem Mol Biol. 2021;211:105906. doi:10.1016/j.jsbmb.2021.105906
11.Nagarajan, Subhalakshmi et al. “Biocatalytically oligomerized EC with potent and specific anti-proliferative activity for human breast cancer cells.” *Molecules (Basel, Switzerland)* vol. 13,11 2704-16. 1 Nov. 2008, doi:10.3390/molecules13112704

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

12. Fujiki, H. 2005. Green tea: Health benefits as cancer preventive for humans. *The Chemical Record* 5 (3):119–32. doi: 10.1002/tcr.20039.
13. Rauf A, Imran M, Abu-Izneid T, et al. Epicatechin: Dietary sources, pharmacokinetics, and neuroprotective effects. Oxid Med Cell Longev. 2019;2019:1–11. doi:10.1155/2019/7515792
14. Taguri, T., Tanaka, T., & Kouno, I. (2006). Antibacterial spectrum of plant polyphenols and extracts depending upon hydroxyphenyl structure. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29(11), 2226-2235. https://doi.org/10.1248/bpb.29.2226
15. Silhavy TJ, Kahne D, Walker S. The bacterial cell envelope. Cold Spring Harb Perspect Biol. 2010;2(5):a000414. doi:10.1101/cshperspect.a000414
16. Ikigai H, Nakae T, Hara Y, Shimamura T. Bactericidal catechins damage the lipid bilayer. Biochim Biophys Acta Biomembr. 1993;1147(1):132–136. doi:10.1016/0005-2736(93)90321-B
17. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 72276, EC. 2025. Accessed April 17, 2025. Available from: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/EC
18. Unver T, Uslu H, Gurhan I, Goktas B. Screening of phenolic components and antimicrobial properties of Iris persica L. subsp. persica extracts by in vitro and in silico methods. Food Sci Nutr. 2024;00:1–17. doi:10.1002/fsn3.4251
19. Sarker SD, Nahar L, Kumarasamy Y. Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the in vitro antibacterial screening of phytochemicals. Methods. 2007;42(4):321-324. doi:10.1016/j.ymeth.2007.01.006
20. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically. 11th ed. Wayne, PA, USA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2018. M07Ed11.
21. Anand U, et al. Flavonoids as potential phytotherapeutics to combat antibiotic resistance. Phytother Res. 2019;33(1):56–68. doi:10.1002/ptr.6211
22. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents. Curr Opin Biotechnol. 2012;23(2):174–181. doi:10.1016/j.copbio.2011.08.007
23. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radic Biol Med. 1996;20(7):933–956. doi:10.1016/0891-5849(95)02227-9
24. Wojnicz D, et al. Catechins and their antibacterial activity. Postepy Hig Med Dosw (Online). 2015;69:866–873. doi:10.5604/17322693.1166998
25. Nowak A, Zakłos-Szyda M, Błasiak J. Epicatechin in cancer prevention and therapy—mechanism of action in cell signaling network. Nutrients. 2021;13(6):1742. doi:10.3390/nu13061742
26. Raorane CJ, et al. Anti-biofilm potential of plant flavonoids against microbial pathogens. Front Microbiol. 2019;10:2349. doi:10.3389/fmicb.2019.02349
27. Zhao WH, Hu ZQ, Okubo S, Hara Y, Shimamura T. Mechanism of synergy between epigallocatechin gallate and β-lactams against methicillin-resistant Staphylococcus aureus. Antimicrob Agents Chemother. 2001;45(6):1737–1742. doi:10.1128/aac.45.6.1737-1742.2001
28. Gibbons S, Moser E, Kaatz GW. Catechin gallates inhibit multidrug resistance (MDR) in Staphylococcus aureus. Planta Med. 2004;70:1240–1242. doi:10.1055/s-2004-835860
29. Qin R, Xiao K, Li B, Jiang W, Peng W, Zheng J, Zhou H. Combination of catechin and epicatechin gallate from Fructus Crataegi enhances the in vitro and in vivo efficacy of β-lactam antibiotics against methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA). Int J Mol Sci. 2013;14:1802–1821. doi:10.3390/ijms14011802

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

30.Shiota S, Shimizu M, Mizushima T, Ito H, Hatano T, Yoshida T, Tsuchiya T. Significant reduction in minimum inhibitory concentrations (MICs) of β-lactams against methicillin-resistant Staphylococcus aureus produced by epicatechin gallate, a component of green tea (Camellia sinensis). Biol Pharm Bull. 1999;22:1388–1390. doi:10.1248/bpb.22.1388
31. Lee GH, Shim CJ, Chang YI, Choi SH, Oh HR, Oh MJ. Antimicrobial activities of (-)-epicatechin from Ulmus davidiana var. japonica Cortex. J Food Sci Nutr. 2001;6:230–234. doi:10.3746/jfns.2001.6.4.230
32.Kim Y, Goodner KL, Park J, Talcott ST. Polyphenolic compounds including epicatechin reduce the formation of biofilm and growth of Streptococcus mutans and Staphylococcus epidermidis. Food Chem. 2018;245:1074–1080. doi:10.1016/j.foodchem.2017.11.054
33.Zhang L, et al. The antimicrobial effect of polyphenols against Pseudomonas aeruginosa: A mechanistic approach. Front Microbiol. 2021;12:667934. doi:10.3389/fmicb.2021.667934
34.Tsuchiya H, Sato M, Miyazaki T, Fujiwara S, Tanigaki S, Ohyama M, et al. Comparative study on the antibacterial activity of phytochemical flavanones against methicillin-resistant Staphylococcus aureus. J Ethnopharmacol. 1994;50(1):27–34. doi:10.1016/0378-8741(95)01274-L
35. Zhao WH, Hu ZQ, Okubo S, Hara Y, Shimamura T. Mechanism of synergy between epigallocatechin gallate and β-lactams against methicillin-resistant Staphylococcus aureus. Antimicrob Agents Chemother. 2001;45(6):1737–1742. doi:10.1128/AAC.45.6.1737-1742.2001
36.Taguri T, Tanaka T, Kouno I. Antibacterial spectrum of plant polyphenols and extracts depending upon hydroxyphenyl structure. Biol Pharm Bull. 2006;29(11):2226–2235. doi:10.1248/bpb.29.2226
37.Abachi S, Lee S, Rupasinghe HPV. Flavonoids as potential anti-bacterial and anti-biofilm agents. Int J Mol Sci. 2021;22(1):447. doi:10.3390/ijms22010447
38.Balouiri M, Sadiki M, Ibnsouda SK. Methods for in vitro evaluation of antimicrobial activity: A review. J Pharm Anal. 2016;6(2):71–79. doi:10.1016/j.jpha.2015.11.005
39.Eloff JN. A sensitive and quick microplate method to determine the minimum inhibitory concentration of plant extracts against bacteria. Planta Med. 1998;64(8):711–713. doi:10.1055/s-2006-957563
40.Cushnie TP, Lamb AJ. Antimicrobial activity of flavonoids. Int J Antimicrob Agents. 2005;26(5):343–356. doi:10.1016/j.ijantimicag.2005.09.002

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ÇEVRESEL BELİRLEYİCİLER VE İNSAN SAĞLIĞI

Şevval Zeynep GÜL[1], Prof. Dr. Naile BİLGİLİ [2]

[1]Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi, Ankara/ Türkiye
sevvalzeynepgul@gmail.com- 0009-0003-9790-809X

[2]Gazi Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği, Ankara/ Türkiye

nbilgili@gazi.edu.tr - 0000-0002-7639-0303

ÖZET

Bireylerin sağlığı, sadece genetik ve kişisel faktörlerle değil, aynı zamanda çevre koşullarıyla da şekillenir. Ekonomik durum, sosyal yapılar, eğitim seviyesi, çalışma koşulları, hava kalitesi, su kirliliği ve iklim değişikliği gibi çevresel belirleyiciler, bireylerin sağlık durumlarını doğrudan etkileyen önemli faktörlerdir. Bu faktörlerin bir arada değerlendirilmesi, çevresel sağlık sorunlarının önlenmesi için gerekli stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Çalışma, çevresel faktörlerin sadece bireyleri değil, aynı zamanda toplumları da etkileyerek, bulaşıcı hastalıklar, bulaşıcı olmayan hastalıklar ve yaralanmalar gibi sağlık sorunlarının yayılmasına yol açtığını vurgulamaktadır. Çevresel sağlık sorunları ile mücadele etmek, yalnızca tedavi odaklı yaklaşımlarla değil, aynı zamanda çevresel sağlık belirleyicilerine odaklanan koruyucu sağlık politikaları ile mümkün olacaktır. Bu bağlamda, çevresel sağlık belirleyicilerinin ele alınması, toplumların genel sağlık düzeyini iyileştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, sağlıklı çevreler oluşturmak ve çevresel sağlık sorunlarını önlemek için bireylerin dışındaki çevresel faktörlere dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Çevresel sağlık politikaları, yalnızca bireysel düzeyde değil, toplumsal düzeyde de sağlık sorunlarının önlenmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: çevre sağlığı, çevresel belirleyiciler, çevre kirliliği, sağlık riski, insan sağlığı

1. Giriş

İnsan sağlığı ve çevre birbiri ile yakından ilişkilidir. Sağlıklı, güvenli ve destekleyici çevreler sağlığın geliştirilmesi için temeldir. Buna karşın, fiziksel ve sosyal çevredeki kötü koşulların insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Sağlıkla ilgili çevresel riskleri azaltmaya yönelik önemli çabalara rağmen, güvenli olmayan içme suyu, düşük hava kalitesi ve yetersiz sanitasyon gibi halk sağlığı sorunları varlığını sürdürmekte ve sağlıkta eşitsizlikleri derinleştirmektedir (Aleya vd., 2021). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre küresel düzeyde ölümlerin %24'ü değiştirilebilir çevresel risk faktörlerine atfedilmektedir. Bu dünya nüfusu göz önüne alındığında her yıl 12,6 milyon ölüme denk gelmektedir (WHO, 2024).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çevrenin insan sağlığı üzerindeki etkileri yaşamın erken dönemlerinden itibaren başlamaktadır. İnsan sağlığı için en büyük risklerden birisi olan hava kirliliğine maruz kalmak, prematüre ölümle sonuçlanabileceği gibi, toplumda kalp hastalığı, inme, akciğer kanseri riskini artırdığı bilinmektedir. Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlasını etkileyen yetersiz hijyen ve sanitasyon koşulları, güvenli olmayan içme suyu kaynakları, infertiliteye ve fetal anomalilere neden olmaktadır. Bunun yanında güvenli olmayan işyerleri ve kimyasallara maruziyet her yıl bir milyondan fazla insanın ölümüne yol açmaktadır (WHO, 2020; Hu vd., 2023).

Bireylerin sağlığı, ekonomik koşullar, sosyal dinamikler, eğitim, çalışma durumu, içinde yaşadığı iklim, hava ve su kalitesi tarafından belirlenmektedir (European Environment Agency, 2020). Bu faktörlerin tamamı, bireylere dışsal olarak etki eden çevresel unsurlar olarak kabul edilmektedir (Salgado vd., 2020, WHO, 2016). Çevrenin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ile başa çıkmada, bireysel hastalıkların tedavisine odaklanan yaklaşımlar yeteriz kalmaktadır. Bununla birlikte çevresel faktörlerden kaynaklanan sağlık sorunları toplumsal düzeyde olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Bu nedenle çevresel sağlık sorunlarını önlemek için sağlığın çevresel belirleyicileri ele alınmalıdır (WHO, 2020; Sundas vd., 2024). Sağlığın çevresel belirleyicileri, bireyin dışındaki tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler ile birlikte hastalıkları önlemek ve sağlıklı çevreler oluşturmak amacıyla bireylerin davranışlarını etkileyen tüm unsurları kapsamaktadır. Çevresel belirleyicilerinin ele alınması, toplumlarda bulaşıcı ve bulaşıcı olmayan hastalıkların yanı sıra istenmeyen yaralanmaların görülme sıklığını azaltmada büyük öneme sahiptir (Salgado vd., 2020; WHO, 2020).

2. Çevresel Belirleyiciler ve İnsan Sağlığı

İnsanların yaşadığı, çalıştığı, vakit geçirdiği, yaşlandığı yerlerin sağlıkları üzerinde doğrudan sonuçları bulunmaktadır. Sağlığın sosyal belirleyicileri olarak nitelendirilen bu koşullar, çevresel belirleyiciler ile de yakından ilişkilidir (WHO, 2024). Çevresel belirleyiciler, bireyin günlük yaşamı boyunca maruz kaldığı, çevreden ve çevrenin özelliklerinden kaynaklanan, sağlığı olumsuz yönde etkileyen koşullardır (Paltriguera vd., 2024). Bu bağlamda bireylerin sağlığı, konut koşulları, yeşil alanlara erişim, temiz su kaynakları, enerji ve ulaşım gibi temel hizmetlere erişim, hava kirliliği, gürültüye maruz kalma ve çalışma koşulları gibi çevresel belirleyicilerden etkilenmektedir (WHO, 2023). Tablo 1.'de çevresel belirleyiciler ve insan sağlığına etkileri özetlenmiştir.

Tablo 1.

Çevresel Belirleyiciler ve İnsan Sağlığına Etkileri

Çevresel Belirleyici	İnsan Sağlığına Etkileri
Dış Ortam ve İç Ortamdan Kaynaklanan Hava Kirliliği	Solunum yolu enfeksiyonları Tüberküloz Fetal anomaliler Kanser Kardiyovasküler hastalıklar Kronik obstrüktif akciğer hastalığı

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

	Diyabet Astım Konjenital anomaliler
Güvenli Olmayan Su, Sanitasyon, Hijyen Koşulları	Diyareye neden olan hastalıklar Bağırsak enfeksiyonları Beslenme yetersizliği Akut solunum yolu enfeksiyonları Toprak kaynaklı helmint enfeksiyonları Cilt hastalıkları Trahom
Kimyasallar	Zehirlenmeler Kanserler Nöropsikiyatrik hastalıklar Kardiyovasküler hastalıklar Astım Cilt hastalıkları Konjenital anomaliler Fetal anomaliler
İklim Değişikliği	Nöropsikiyatrik hastalıklar Kardiyovasküler hastalıklar Solunum yolu hastalıkları Depresyon, kaygı gibi ruhsal hastalıklar İstenmeyen yaralanmalar Yetersiz beslenme Zoonotik hastalıklar Vektör kaynaklı enfeksiyonlar Kontamine su kaynaklı enfeksiyonlar
Yapay Çevreler, Konut Koşulları ve Mesleki Maruziyetler	Kanserler Kardiyovasküler hastalıklar Nöropsikiyatrik hastalıklar Astım Kronik obstrüktif akciğer hastalığı Diyabet Kas iskelet hastalıkları Trafik kazaları Düşmeler Zehirlenmeler İstenmeyen yaralanmalar
Gürültü Kirliliği	Duyma kaybı Nöropsikiyatrik hastalıklar Kardiyovasküler hastalıklar Uyku sorunları Bilişsel bozukluklar

World Health Organization (WHO). 2024. Compendium of WHO and other UN guidance in health and environment, 2024 update. Geneva., Paltriguera, L., Beamud, F., Müller, M., Pavlou, P., Tertre, L., van den Bos, S., Zamparutti, T., and Buonsante, V. (2024). *Environmental determinants of health, including*

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

those caused by climate change, publication for the Subcommittee on Public Health, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg. Kaynakları kullanılarak hazırlanmıştır.

2.1. Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığı

DSÖ (2019), hava kirliliğinin küresel düzeyde insan sağlığı için en önemli çevresel risk olduğunu belirtmiştir. Motorlu taşıtlar, orman yangınları, ev tipi sobalar ve sanayi tesisleri hava kirliliğinin en yaygın kaynakları olarak belirtilmektedir. Sağlık üzerindeki olumsuz etkileri kanıtlanmış hava kirleticileri arasında partiküllü maddeler ($PM_{2.5}$ ve PM_{10}), ozon (O_3), azot dioksit (NO_2), kükürt dioksit (SO_2) ve karbon monoksit (CO) bulunmaktadır (WHO, 2024). Hem dış ortamdan hem de iç ortamdan kaynaklanan hava kirliliği, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, akciğer kanseri, iskemi, nörodejeneratif hastalıklar, kardiyovasküler hastalıklar diyabet, erken doğum ve düşük doğum ağırlığı gibi birçok sağlık sorunu ile ilişkilidir. Hava kirliliği sonucunda meydana gelen sağlık sorunları nedeniyle küresel düzeyde yaklaşık yedi milyon erken ölüm yaşanmaktadır (De Paula Santos vd., 2021; WHO, 2024).

Cramer ve arkadaşları (2020), uzun süreli hava kirliliğine maruziyete bağlı partiküllü parçacıkların ($PM_{2.5}$, PM_{10}), azot dioksitin (NO_2) ve azot oksitlerin (NOx), miyokard enfarktüsü (MI) insidansı üzerindeki etkilerini ve MI insidansını belirleyen kohort çalışmasında, ölümcül MI vakaları ile $PM_{2.5}$ ve PM_{10} maruziyeti arasında pozitif ilişki bulmuştur. Aynı zamanda diyabetli bireylerde $PM_{2.5}$ maruziyeti ve MI arasında güçlü bir pozitif ilişki gözlenmiştir (Cramer vd., 2020). Hava kirliliğinin fizyolojik sağlık üzerine etkilerinin yanı sıra, literatürde ruh sağlığı üzerinde de olumsuz etkilerinin bulunduğuna dair kanıtlar giderek artmaktadır (Li vd., 2021). Yaşamın erken dönemlerinde hava kirliliğine maruziyetin ruh sağlığı üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, gebelikten itibaren çocukluk dönemi de dahil olmak üzere, artan $PM_{2.5}$ maruziyetinin adölesan dönemde depresyon ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Newbury vd., 2024). Ev içi hava kirliliği ve depresyon arasındaki ilişkiyi inceleyen bir başka çalışmada ise, katı yakıt kullanımına bağlı uzun süreli ev içi hava kirliliğinin Çinli yaşlı bireylerde depresyon ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Li vd., 2021).

2.2. Güvenli Olmayan Su, Sanitasyon ve Hijyen Koşulları ve İnsan Sağlığı

Güvenli su, sanitasyon ve hijyen koşulları insan sağlığının önemli belirleyicilerinden biridir. Yeteriz su, sanitasyon ve hijyen koşulları; yetersiz bireysel hijyen, patojen içeren su kaynaklarıyla temas, vektörlerin çoğaldığı su kaynaklarına yakınlık ve kontamine içme suları aracılığıyla hastalıklara neden olmaktadır (WHO, 2024). Evlerde, okullarda, sağlık kuruluşlarında ve özellikle Covid-19 pandemisi sırasında hastalık bulaşını önlemek amacıyla sanitasyon ve hijyene verilen öneme rağmen bazı bölgelerde güvenli su kaynaklarına, sanitasyon ve hijyen koşullarına erişimde hala ciddi zorluklar yaşanmaktadır. Wolf ve arkadaşlarının (2023) yaptığı tahminlere göre, herkes için güvenli su, sanitasyon ve hijyen koşullarına erişimin sağlanması, küresel düzeyde ölümlerin %2,5'ini oluşturan yaklaşık 1,4 milyon ölümü önleyebilmektedir. Özellikle beş yaş altı çocuklar güvenli olmayan su, sanitasyon ve hijyen koşulları bakımından risk altında olup, güvensiz su sanitasyon ve hijyen koşullarından kaynaklı ölümlerin %7,6'sını oluşturmaktadır (Zeng vd., 2024; Wolf vd., 2023).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Güvenli olmayan su, sanitasyon ve hijyen koşulları, diyare, tekrarlayan diyare nedeniyle ortaya çıkan kronik malnütrisyon, akut solunum yolu enfeksiyonları ve toprak kaynaklı helmint enfeksiyonları riskini artırmaktadır. Bununla birlikte, su, sanitasyon ve hijyen koşullarının çocukların akademik başarısında, derslere devamında ve bilişsel gelişiminde etkili olduğu bilinmektedir (Wolf vd., 2023). Abera ve arkadaşları (2024), yerinden edilmiş çocuklarda diyare prevalansı ve ilişkili faktörleri inceledikleri çalışmada, yüksek diyare prevalansı ile ilişkili faktörleri, ebeveynlerin uygun olmayan el yıkama alışkanlıkları, içme suyunun saklanma süresi, su depolama kaplarının temizliği, atıkların uygun şekilde bertaraf edilmemesi ve su kaynaklarına erişim olarak belirlemiştir (Abera vd., 2024).

2.3. Kimyasallar ve İnsan Sağlığı

İnsanlar, günlük yaşamın bir parçası olan kimyasallarla sürekli temas halindedir. İnsanların kimyasallarla teması, tüketilen gıdalar ve içme suyu, evde, iş yerinde ya da çevrede bulunan ürünler, kimyasal kazalar, havadan soluma, toprağa dokunma gibi çevresel temas yoluyla olmaktadır (WHO, 2024). İnsan sağlığı için tehlikeli kimyasallar vücuda solunum yolu, sindirim sitemi, cilt teması gibi birçok şekilde girebilmekte ve bazı grupları diğerlerine göre daha savunmasız bırakmaktadır. Hamilelik sırasında kimyasallara maruz kalmak, fetüsün nörolojik, endokrin ve bağışıklık sistemi üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Çocuklar, kazara kimyasalları soluma, yutma gibi durumlar nedeniyle kimyasalların kısa ve uzun vadeli etkilerine karşı oldukça hassastır. Bununla birlikte, riskli çalışma ortamlarında bulunmak, kimyasallara karşı alınan koruma önlemlerinin yetersiz olması gibi nedenler de kimyasallara maruziyeti artırmaktadır (Paltriguera vd., 2024). Scott ve Pocock (2021), düşük ve orta gelirli ülkelerdeki çocuk işçiler arasında kimyasallara maruziyetin sağlığa etkilerini inceledikleri sistematik derlemede, pestisitler, metaller ve çözücülerin çocuklarda nörodavranışsal bozukluklarla ve nörolojik semptomlarla ilişkili olduğunu, kurşun, cıva, kadmiyum gibi metallerin astım, hipotiroidizm, yetersiz büyüme ve DNA hasarı ile ilişkili olduğunu belirtmiştir (Scott & Pocock, 2021).

2.4. İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığı

İklim değişikliği, aşırı hava olayları, sel felaketleri, fırtınalar ve orman yangınlarına neden olarak insan sağlığı üzerinde doğrudan ve dolaylı sonuçları bulunmaktadır. İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri arasında, aşırı hava olayları nedeniyle ölümler, sağlıklı ve sürdürülebilir besin sistemlerinin bozulması nedeniyle yetersiz beslenme, kalp yetmezliği, doğal yaşam alanlarının kaybı nedeniyle ruh sağlığı sorunlarında artış bulunmaktadır. İklim değişikliğinin dolaylı etkileri arasında astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, miyokard infarktüsü, deng humması, sıtma, Zika virüsü gibi vektör kaynaklı hastalıklar, salmonella, bruselloz gibi zoonotik hastalıklar, iklim kaynaklı göçlerin artması, gıda, beslenme ve su güvensizliği yer almaktadır (Paltriguera vd., 2024; WHO, 2024).

İklim değişikliğinden kaynaklanan aşırı hava sıcaklıkları, hava yolu epitelini doğrudan etkileyerek solunum sisteminin işlevini bozmaktadır. Özellikle beş yaş altındaki çocuklarda, aşırı hava sıcaklıkları ve alerjik hastalıklar arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır (Urrutia-Pereira & Solé, 2025). Bununla birlikte literatürde iklim değişikliğinden kaynaklanan sel, kuraklık, kasırga gibi strese neden olan aşırı hava olayları kaygı, depresyon,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

travma sonrası stres bozukluğu gibi ruh sağlığı sorunları ve erken doğum riski, düşük doğum ağırlığı ile ilişkilendirilmiştir (Rocque vd., 2021).

Önümüzdeki yıllarda, aşırı hava ve iklim olaylarının sıklığı ve şiddetinde artışlarla dünya genelinde toplumlar ve sağlık sistemleri üzerinde önemli etkiler görülmeye devam edilecektir. Bu nedenle iklim değişikliği konusunda farkındalığın artırılması ve iklim değişikliği ile mücadelede etkili stratejilerin planlanması gerekmektedir (Ebi vd., 2021).

2.5. Yapay Çevreler ve İnsan Sağlığı

İnsanların yaşam, çalışma ve eğlence alanları olarak kullandıkları, insan eliyle inşa edilmiş yapay çevreler, bireylere dinlenme, çalışma, öğrenme ve gelişme için sağlıklı ve güvenli bir alan sağlamaktadır. Bireyin konut koşulları, yaşadığı çevre, yeşil alanlara erişimi sağlığın sosyal belirleyicilerinden olup, sağlığı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Nabaweesi vd., 2023).

Hosokawa ve Katsura (2020), çocukların yaşadığı mahallenin fiziksel, sosyal ve estetik özelliklerinin, çocuğun davranışlarını, gelişimini ve ruh sağlığını doğrudan veya dolaylı yollarla etkilediğini belirtmiştir. Güvenli, sosyal açıdan daha uyumlu mahallelerde yetişen çocukların daha az davranışsal problem gösterdiği ve paylaşımcılık, empati gibi sosyal davranışlar ile olumlu bir ilişki gösterdiği bulunmuştur (Hosokowa & Katsura, 2020).

Temel bir insan hakkı olan konut, sadece fiziksel bir barınak olmanın ötesinde, bireyin sosyal, psikolojik ve kültürel iyi oluş halini doğrudan etkileyen sağlığın sosyal belirleyicilerinden biridir (D'Alessandro & Appolloni, 2020). Güvenli olmayan içme suyu, yetersiz kanalizasyon ve yetersiz hijyen gibi koşullara sahip konutların tifo, kolera, diyare gibi bulaşıcı hastalıkların riskini artırdığı bilinmektedir. Bununla birlikte sağlıklı gıdalara erişimin zor olduğu bölgelerde yaşayan bireyler, dengeli ve sağlıklı beslenme alışkanlıklarını sürdürebilmesi açısından risk altındadır. Bu durum, beslenme sorunlarına ve uzun vadede kronik hastalıkların gelişimine neden olabilmektedir (Ding vd. 2024). Jabali ve arkadaşları (2025), Filistin toplumunda konut koşulları ve sağlığa etkilerini inceledikleri çalışmada, mülteci kamplarında yaşayan bireylerin, kırsal ve kentsel alanlara kıyasla daha yüksek kronik hastalık oranlarına sahip olduğunu, aşırı kalabalık konutlarda yaşamanın ve gürültü kirliliğinin artan stres ve kaygı seviyeleri ile doğrudan ilişkili gösterdiğini, yeterli doğal ışık almayan konutlarda yaşayan bireylerin depresyon ve mevsimsel duygudurum bozukluğu riskine daha fazla maruz kaldığını belirtmiştir (Jabali vd., 2025). Yapay çevrelerin, ruhsal sağlık üzerinde de etkileri bulunmakta; kötü yapılaşmış çevrenin, stres, depresyon ve anksiyete ile doğrudan bağlantılı olduğunu bilinmektedir. Üniversite kampüsünde bulunan yeşil alanların, akademik başarı ve ruh sağlığı üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada, kampüs yeşil alanlarının üniversite öğrencilerinin ruh sağlığı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve bu etkinin akademik başarıdan daha büyük olduğu bulunmuştur (Liu vd., 2022).

Bu bağlamda bireylerin yaşadığı yapılı çevrenin sağlıkları üzerindeki etkisini anlamanın ve bu çevrelerin etkilerini değerlendirmenin, daha bütüncül ve etkili bir sağlık hizmeti sunmaya katkı sağlayacağı unutulmamalıdır (Nabaweesi vd., 2023).

2.6. Gürültü Kirliliği ve İnsan Sağlığı

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Gürültü kirliliği, insanların sağlıklı yaşama yıllarını azaltan çevresel bir faktördür. Çevresel gürültüye maruz kalmanın en önemli kaynakları arasında kara, demiryolu ve hava trafiği ile inşaat alanları yer almaktadır. Bunun yanı sıra rüzgar türbinleri ve yüksek sesle müzik dinleme veya video ve bilgisayar oyunu yarışmaları gibi eğlence aktiviteleri de gürültü maruziyetine neden olabilmektedir. Aşırı gürültü yalnızca rahatsız edici bir durum yaratmakla kalmaz; iskemik kalp hastalığı, hipertansiyon riskini artırmakta, uyku bozukluklarına, işitme kaybına, kulak çınlamasına ve bilişsel bozukluklara neden olmaktadır (WHO, 2024).

Kupcikova ve arkadaşları (2021), trafik gürültüsü ile kardiyovasküler hastalık arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmasında 65 desibel (dB) üzerinde trafik gürültüsüne dört sene boyunca maruziyetin, sistolik ve diyastolik kan basıncı ile pozitif ilişki gösterdiğini bulmuştur (Kupcikova vd., 2021). Bir başka çalışmada, on yıl boyunca takip edilen yaşlı bireylerde trafik kaynaklı gürültü maruziyetinin demans riski ile pozitif ilişkili olduğu, özellikle 65 dB ve üzerindeki gürültü seviyelerinde $PM_{2.5}$ ve NO_2 hava kirleticilerinin de etkisiyle demans ve bilişsel bozulma riskinin arttığı bulunmuştur (Yu vd., 2023).

3. Sonuç

Çevre, insan sağlığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. İnsanların yaşadığı, vakit geçirdiği, çalıştığı ve yaşlandığı çevreler sağlıkları üzerinde olumlu ya da olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Çevredeki koşullar mevcut sağlık koşullarını şiddetlendirebilir ya da sağlığın geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Olumsuz çevresel koşullara sahip bireyler, fizyolojik, psikolojik, sosyal açıdan birçok olumsuz deneyim yaşayabilmektedir. Buna karşın olumlu çevresel koşulların bireylerin fizyolojik, psikolojik ve sosyal sağlığı üzerindeki olumlu etkilerine dair kanıtlar giderek artmaktadır.

Çevreden kaynaklanan sağlık sorunlarının ele alınmasında, bireysel tedavi yaklaşımından çok, çevresel belirleyicilere odaklanan yaklaşımlar toplumlarda bulaşıcı ve bulaşıcı olmayan hastalıkların ve istenmeyen yaralanmaların azaltılmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle, çevresel sağlık sorunlarının önlenmesi için çevresel belirleyicilerin dikkate alınması şarttır. Sağlık politikalarının çevresel faktörlere entegre edilmesi, sağlık sorunlarının çözümüne daha etkili bir yaklaşım sunacaktır. Sağlığın çevresel belirleyicileri, sadece bireylerin sağlığını değil, aynı zamanda toplumların genel sağlık düzeyini de etkileyen faktörlerdir. Çevresel sağlık politikaları, yalnızca hastalıkların tedavi edilmesine değil, aynı zamanda sağlıklı çevrelerin oluşturulmasına odaklanmalıdır. Bu bağlamda, çevreye yönelik yapılan iyileştirmeler hem bireylerin hem de toplumların sağlıklarını korumak için kritik bir rol oynamaktadır. Bu tür politikaların geliştirilmesi, toplumların daha sağlıklı bir geleceğe sahip olmalarını sağlayacak önemli bir adımdır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KAYNAKLAR

Abera, M. G., Werkneh, A. A., Welde, R. S., Islam, M. A., & Redae, G. H. (2024). Diarrhea prevalence and water, sanitation, and hygiene (WASH) factors among internally displaced children under-five in Mekelle city, Northern Ethiopia. *Clinical Epidemiology and Global Health*, *28*, 101660. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cegh.2024.101660

Aleya, L., Uddin, M. S., & Bungyău, S. G. (2021). Interdisciplinary medical research in the field of public and environmental health. In *Current Opinion in Environmental Science and Health* (Vol. 23): Elsevier B.V.

D'Alessandro, D., & Appolloni, L. (2020). Housing and health: an overview. *Ann Ig*, *32*(5 Supple 1), 17-26. https://doi.org/10.7416/ai.2020.3391

De Paula Santos, U., Abdo Arbex, M., Ferreira Braga, A. L., Futoshi Mizutani, R., Delfini Cançado, J. E., Terra-Filho, M., & Chatkin, J. M. (2021). Environmental air pollution: respiratory effects. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, e20200267. https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267

Ding, L., Nie, P., & Sousa-Poza, A. (2024). Housing conditions and health: New evidence from urban China. *Cities*, *152*, 105248. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105248

Ebi, K. L., Vanos, J., Baldwin, J. W., Bell, J. E., Hondula, D. M., Errett, N. A., Hayes, K., Reid, C. E., Saha, S., Spector, J., & Berry, P. (2021). Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *54*, 21-21. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth

Hosokawa, R., & Katsura, T. (2020). The Relationship between Neighborhood Environment and Child Mental Health in Japanese Elementary School Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(15), 5491. https://doi.org/10.3390/ijerph17155491

Hu, C., Pan, W., Wen, L., & Pan, W. (2023). Classification of Regional Healthy Environment and Public Health in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(5). https://doi.org/10.3390/ijerph20053809

Jabali, O., Ayyoub, A. A., Jabali, S., & Saeedi, M. (2025). Examining the nexus between housing conditions and health outcomes in Palestinian society: a mixed-method investigation. *BMC Public Health*, *25*(1). https://doi.org/10.1186/s12889-025-21830-4

Kupcikova, Z., Fecht, D., Ramakrishnan, R., Clark, C., & Cai, Y. S. (2021). Road traffic noise and cardiovascular disease risk factors in UK Biobank. *European Heart Journal*, *42*(21), 2072-2084. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab121

Mínguez-Alarcón, L., Gaskins, A. J., Meeker, J. D., Braun, J. M., & Chavarro, J. E. (2023). Endocrine-disrupting chemicals and male reproductive health. *Fertil Steril*, *120*(6), 1138-1149. https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2023.10.008

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Nabaweesi, R., Hanna, M., Muthuka, J. K., Samuels, A. D., Brown, V., Schwartz, D., & Ekadi, G. (2023). The Built Environment as a Social Determinant of Health. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, *50*(4), 591-599. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pop.2023.04.012

Newbury, J. B., Heron, J., Kirkbride, J. B., Fisher, H. L., Bakolis, I., Boyd, A., Thomas, R., & Zammit, S. (2024). Air and Noise Pollution Exposure in Early Life and Mental Health From Adolescence to Young Adulthood. *JAMA Netw Open*, *7*(5), e2412169. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.12169

Rocque, R. J., Beaudoin, C., Ndjaboue, R., Cameron, L., Poirier-Bergeron, L., Poulin-Rheault, R.-A., Fallon, C., Tricco, A. C., & Witteman, H. O. (2021). Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ Open*, *11*(6), e046333. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333

Salgado, M., Madureira, J., Mendes, A. S., Torres, A., Teixeira, J. P., & Oliveira, M. D. (2020). Environmental determinants of population health in urban settings. A systematic review. In *BMC Public Health* (Vol. 20): BioMed Central Ltd.

Scott, N. B., & Pocock, N. S. (2021). The Health Impacts of Hazardous Chemical Exposures among Child Labourers in Low- and Middle-Income Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(10), 5496. https://doi.org/10.3390/ijerph18105496

Paltriguera, L., Beamud, F., Müller, M., Pavlou, P., Tertre, L., van den Bos, S., Zamparutti, T., and Buonsante, V. (2024). *Environmental determinants of health, including those caused by climate change*, publication for the Subcommittee on Public Health, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg.

Urrutia-Pereira, M., & Solé, D. (2025). Impact of climate change and air pollution on childhood respiratory health. *Jornal de Pediatria*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.11.007

Wolf, J., Johnston, R. B., Ambelu, A., Arnold, B. F., Bain, R., Brauer, M., Brown, J., Caruso, B. A., Clasen, T., Colford, J. M., Mills, J. E., Evans, B., Freeman, M. C., Gordon, B., Kang, G., Lanata, C. F., Medlicott, K. O., Prüss-Ustün, A., Troeger, C.,…Cumming, O. (2023). Burden of disease attributable to unsafe drinking water, sanitation, and hygiene in domestic settings: a global analysis for selected adverse health outcomes. *The Lancet*, *401*(10393), 2060-2071. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)00458-0

Yu, Y., Su, J., Jerrett, M., Paul, K. C., Lee, E., Shih, I. F., Haan, M., & Ritz, B. (2023). Air pollution and traffic noise interact to affect cognitive health in older Mexican Americans. *Environ Int*, *173*, 107810. https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107810

Zeng, H., Gan, H., Liu, Y., & Sun, B. (2024). The global disease burden attributable to unsafe water, sanitation, and handwashing with unqualified facilities from 1990 to 2019. *J Glob Health*, *14*, 04162. https://doi.org/10.7189/jogh.14.04162

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Sundas, A., Contreras, I., Mujahid, O., Beneyto, A., & Vehi, J. (2024). The Effects of Environmental Factors on General Human Health: A Scoping Review. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, *12*(21), 2123. https://doi.org/10.3390/healthcare12212123

World Health Organization (WHO). 2020. WHO global strategy on health, environment and climate change: the transformation needed to improve lives and well-being sustainably through healthy environments. Geneva. Web Erişimi: https://www.who.int/publications/i/item/9789240000377 Erişim Tarihi: 12.02.2025

World Health Organization (WHO). 2024. Compendium of WHO and other UN guidance in health and environment, 2024 update. Geneva. Web Erişimi: https://www.who.int/publications/i/item/9789240095380 Erişim Tarihi: 12.02.2025

World Health Organization (WHO). 2023. Environmental inequalities in national reporting on the 2030 Agenda for Sustainable Development: an analysis of voluntary national reviews in the WHO European Region. Copenhagen. Web Erişimi: https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2023-7590-47357-69524 Erişim Tarihi: 12.02.2025

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

YAŞLI BİREYLERİN UYKU SAĞLIĞINI GELİŞTİRMEYE YÖNELİK MÜDAHALELER: LİTERATÜR DERLEMESİ

Şevval Zeynep GÜL[1], Prof. Dr. Naile BİLGİLİ [2]

[1] Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi, sevvalzeynepgul@gmail.com - 0009-0003-9790-809X

[2]Gazi Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği, nbilgili@gazi.edu.tr - 0000-0002-7639-0303

Özet

Amaç: Bu derlemede yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik müdahalelerin tartışılması amaçlanmaktadır.

Yöntem: Derlemeye, Web of Science, PubMed, Science Direct, Cochrane Library ve ULAKBİM veri tabanlarında 2020-2025 yılları arasında yayın dili İngilizce/Türkçe olarak yayınlanmış, 60 yaş ve üstü bireylerde uyku kalitesini geliştirmeye yönelik hemşirelik müdahalelerden oluşan, 11 randomize kontrollü çalışma dahil edilmiştir.

Bulgular: Derlemeye alınan çalışmalarda, yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik yöntemlerden tai chi, mindfulness grup terapisi, aromaterapi, ayak banyosu, akupresür, eğitim programları, direnç egzersizi, aerobik dans programı ve ışık terapisi yöntemlerine yer verilmiştir. Çalışmalarda veriler Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PSQI), Epworth Uykululuk Ölçeği ile subjektif olarak; aktigraf cihazı, polisomnografi ve kan testleri aracılığı ile objektif olarak toplanmıştır.

Sonuç: İncelenen çalışmalarda kullanılan geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları, eğitim müdahaleleri, egzersiz programları ve çevre düzenlemesi uygulamaları yaşlı bireylerin uyku kalitesini geliştirmede etkili olmuştur. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler hemşireler tarafından uygulanabilir, minimal yan etkili ve güvenilirdir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, benzer çalışmaların artırılmasını, yaşlılarda uyku sağlığını geliştirmeye yönelik müdahalelerin daha büyük örneklemlerde yapılmasını ve bu müdahalelerin uzun süreli etkilerinin değerlendirilmesini önermektedir.

GİRİŞ

İnsan yaşamının üçte birini oluşturan uyku, yaşam boyu sağlık ve iyi oluşu sağlamada temel bir gereksinimdir (Liao ve ark., 2025). Uykunun, insanların fizyolojik sistemlerini koruma ve yenilemede, bilişsel işlevlerini sürdürme ve ruh sağlığını korumada önemli işlevleri bulunmaktadır. Yeterli uyku süresi ve iyi uyku kalitesinin, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, obezite ve kanserin önlenmesinde, depresyondan korunmada ve uykusuzluk kaynaklı yaralanmaların riskini azaltmada etkili olduğu bilinmektedir (Ramar ve ark., 2021; Lin ve ark., 2022).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Yaşlanma ile meydana gelen fizyolojik değişimler, uyku süresi ve uyku kalitesini etkileyerek, yaşlı bireylerde uyku problemlerinin daha sık görülmesine neden olmaktadır (Tatineny ve ark., 2020). Uyku problemlerinin dünya genelinde yaşlı bireylerin yaklaşık %30-70'ini etkilediği tahmin edilmektedir. Yaşlı bireylerde en sık görülen uyku problemleri arasında düşük uyku kalitesi, insomnia, gündüz aşırı uykululuğu ve uyku apnesi bulunmaktadır (Canaver ve ark., 2024; Fernandes ve ark., 2024).

Ulusal Uyku Vakfı, 18-64 yaş arası tüm yetişkinlerin 7-9 saat uyumasını, 65 yaş ve üzeri yaşlıların ise 7-8 saat uyumasını önermektedir (National Sleep Foundation, 2020). Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Çin'de yapılan dört geniş ölçekli kohort çalışmasının kanıtlarını inceleyen çalışmada, tüm nedenlere bağlı mortaliteyi azaltmada 6-8 saat arası uykunun optimal olduğu belirlenmiştir (Liao ve ark., 2025). Bir başka çalışmada yaşlı bireylerde 7-9 saat arası gece uykusu daha düşük multimorbidite prevalansı ile ilişkili bulunurken; öz bildirime dayalı düşük ve orta uyku kalitesi yüksek multimorbidite prevalansı ile ilişkili bulunmuştur (Lin ve ark., 2022). Uyku süresinin, bilişsel fonksiyon ve depresyon üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, kısa uyku sürelerinin depresyonla ilişkili olduğu belirlenmiş, sekiz saatten uzun uyku sürelerinin ise bilişsel bozulma riskini artırmada etkili olduğu bulunmuştur (Ding ve ark, 2024). Sekiz yıllık takip süresi boyunca uyku kalitesinin ve uyku kalitesindeki değişimlerin uzun vadede inme riski üzerine etkilerini inceleyen çalışmada, yetişkin ve yaşlı bireylerin uyku kalitesinin zaman içinde iyileşmesi, inme riskinin azalması ile ilişkilendirilmiştir (Song ve ark., 2023).

Uyku, yaşlı bireylerin fizyolojik ve psikolojik sağlığını koruma, sürdürme ve geliştirmesinde, yaşam kalitesini artırmada temel bir işleve sahiptir (Lin ve ark. 2022). Sağlık profesyonellerinin en büyük grubunu oluşturan meslek grubu olarak hemşireler, toplumda yaşlı bireylerin bakımından da sorumludur. Bu nedenle yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik etkili müdahalelerin hemşireler tarafından bilinmesi gerekmektedir (Başer & Hisar, 2021). Bu derlemede yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik müdahaleler ile bu müdahalelerin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın, toplumda yaşlılara bakım veren hemşirelerde uyku sağlığını geliştirmeye dair farkındalık oluşturacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın Amacı

Bu derlemede yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik müdahaleler ve bu müdahalelerin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmanın Tasarımı

Yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik müdahalelerin neler olduğunu inceleyen çalışma, literatür derlemesi türündedir.

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Derlemeye Ocak 2020-Nisan 2025 tarihleri arasında yayın dili İngilizce/Türkçe olarak yayınlanmış, 60 yaş ve üstü bireylerde uyku kalitesini geliştirmeye yönelik müdahalelerden oluşan, randomize kontrollü çalışmalar dahil edilmiştir.

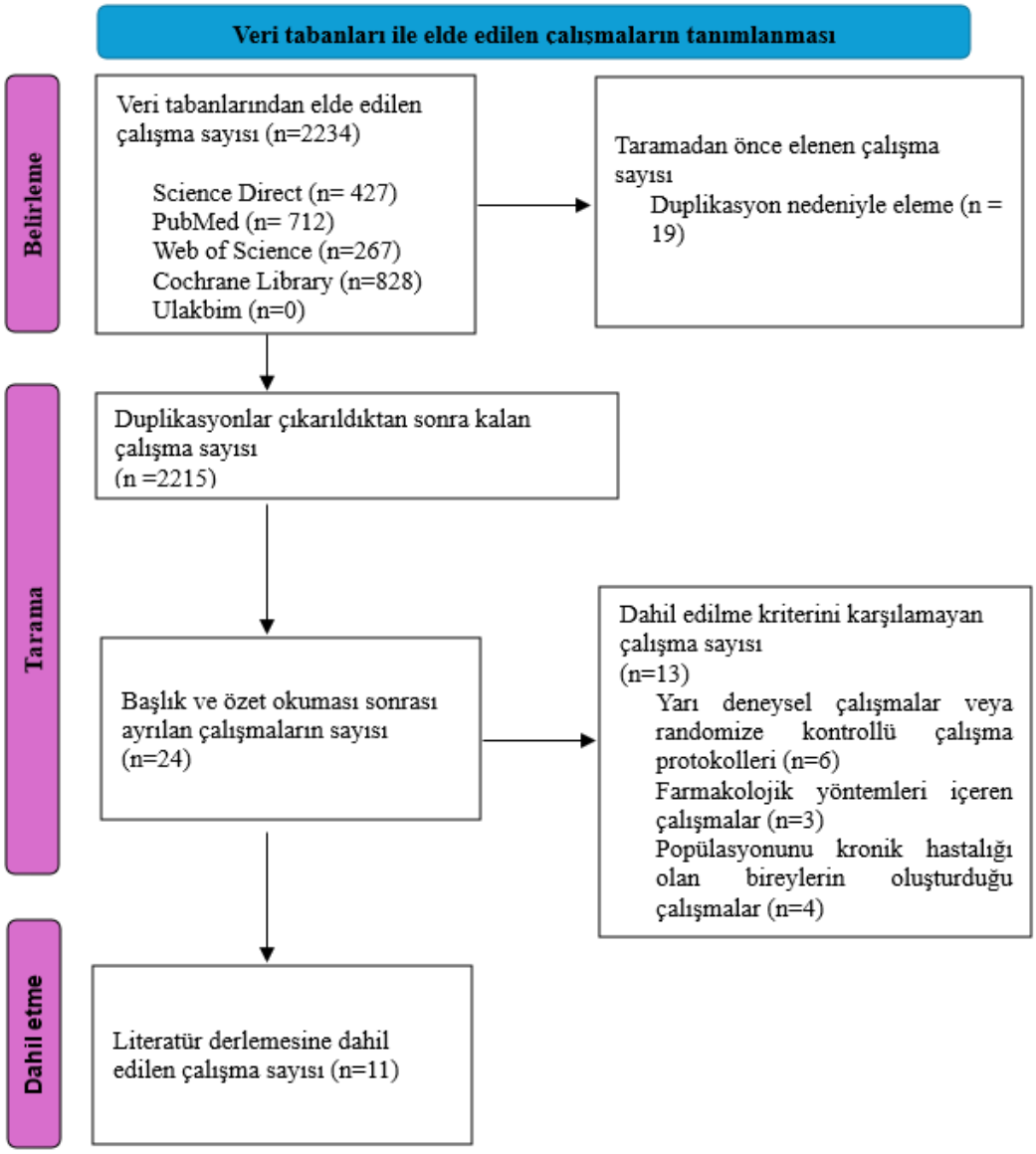
Tarama Stratejisi

Çalışma için, Ocak 2020- Nisan 2025 yılları arasında konu ile ilgili yayınlanmış çalışmalar geriye dönük taranmıştır. Çalışmada Web of Science, PubMed, Science Direct, Cochrane Library ve ULAKBİM veri tabanları kullanılarak, İngilizce "sleep", "sleep quality", "elderly" or "older adults" "nonpharmacologic" ve "randomized controlled trial"; Türkçe "yaşlı", "uyku", "uyku kalitesi", "nonfarmakolojik" ve "randomize kontrollü çalışma" anahtar kelimeleri taranmıştır. Tarama sonucunda toplam 2234 makaleye ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan 19 tanesi tekrarlı çalışma olması nedeniyle elenmiştir. Kalan 2215 çalışmanın başlık ve özet okuması sonucunda 24 çalışma değerlendirilmeye alınmıştır. Araştırmaya dahil edilme kriterlerine uygun 11 çalışma derlemeye dahil edilmiştir (Şekil 1).

Raporlama

Çalışma, PRISMA'nın sistematik derlemeler ve meta-analizler için 2020 yılında yayınladığı "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews" kullanılarak raporlandırılmıştır (Page ve ark., 2021).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Page, M. J., Mckenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D.,…& Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Şekil 1. PRISMA Akış Diyagramı

BULGULAR

Bu derlemeye toplam 11 çalışma dahil edilmiştir. Araştırmalar, Türkiye'de ve diğer ülkelerde Ocak 2020 – Nisan 2025 tarihleri arasında yayınlanmış, yaşlı bireylerin uyku kalitesini geliştirmeye yönelik müdahaleleri içeren randomize kontrollü çalışmalardır. Çalışmaların tamamının yayın dili İngilizcedir. Çalışmaların, dördü Çin, üçü Türkiye, birer tanesi ise İran,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Brezilya, Kore ve Almanya olmak üzere altı ülkede yapılmıştır. Çalışmaların örneklem büyüklükleri 15-320 yaşlı birey arasında değişmektedir.

Çalışmaların dört tanesinde uyku kalitesini belirlemek amacıyla subjektif ölçüm araçlarından Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PSQI) (Kerkez & Erci, 2024; Genç ve ark., 2020; Armat ve ark., 2021; Song ve ark., 2024), bir tanesinde Epworth Uykululuk Ölçeği (Polat & Karasu, 2022), bir tanesinde ise Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi ile Epworth Uykululuk Ölçeği birlikte kullanılarak uyku kalitesi öznel olarak ölçülmüştür (Carvalho ve ark., 2022). PSQI kullanılan çalışmalardan birisinde yarı yapılandırılmış görüşme yöntemine yer verilmiştir (Li ve ark., 2020). İki çalışmada veriler aktigraf, polisomnografi, kan testleri gibi objektif ölçüm araçları ve Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi ile toplanmıştır (Siu ve ark., 2021; Min ve ark., 2021). İki çalışmada ise objektif ölçüm araçları tek başına kullanılmıştır (Li ve ark., 2021; Schubert ve ark., 2025). Çalışmalarda veriler toplumda yaşayan yaşlı bireylerden, huzurevlerinden, aile sağlığı merkezlerinden, yaşlı bakım merkezlerinden ve hastanelerden toplanmıştır.

Derlemeye alınan çalışmalar yaşlı bireylerde uyku sağlığını geliştirmeye yönelik geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarını, egzersiz programlarını, eğitim müdahalelerini ve çevre düzenlemesi uygulamalarını içermektedir. Çalışmalardan elde edilen bulgular Tablo 1.'de özetlenmiştir.

Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları

Derlemeye alınan çalışmalardan altısı geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarını içermekteydi (Kerkez & Erci, 2024; Siu ve ark., 2021; Li ve ark., 2020; Genç ve ark., 2020; Armat ve ark., 2021; Min ve ark., 2021). Kerkez ve Erci (2024), tai chi egzersizlerinin toplumda yaşayan yaşlılarda subjektif uyku kalitesine ve depresyon düzeyine etkilerini inceledikleri çalışmada, tai chi egzersizlerinin subjektif uyku kalitesini geliştirmeye yönelik etkili bir müdahale olduğu sonucuna ulaşmıştır (Kerkez & Erci, 2024). Siu ve arkadaşlarının (2021) yaptığı çalışmada ise tai chi egzersizlerinin uyku verimliği, gece uyanma sayısı ve uykuya dalma süresine etkileri aktigraf cihazı ile objektif olarak ölçülmüştür. Müdahale sonucunda, tai chi egzersizi uygulanan grubun uyku verimliliği, gece uyanma sayısı ve uykuya dalma süresinin iyileştiği ve bu etkinin 24 aylık takip süresinde de devam ettiği belirlenmiştir (Siu ve ark., 2020).

Li ve arkadaşları (2020), huzurevinde yaşayan yaşlılara uygulanan mindfulness nefes terapisinin uyku kalitesi, gündüz işlev bozukluğu, uyku süresi, uyku verimliliği ve uykuya dalma sürelerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını belirlemiştir. Müdahale sonrası yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde, uyku ilacına duyulan ihtiyacın azaldığı, uykuya dalmanın kolaylaştığı, olumsuz duygularda azalma olduğu, uyku verimliliğinin arttığı ve kronik hastalık kaynaklı ağrıların azaldığı sonuçları bulunmuştur (Li ve ark., 2020).

İnhalasyon yolu ile uygulanan lavanta aromaterapisinin yaşlı bireylerin subjektif uyku kalitesi ve yorgunluk düzeyine etkilerini inceleyen bir çalışmada, katılımcıların her gece 22.00-08.00 saatleri arasında 15-20 cm uzaklıktan lavanta yağı soluması sağlanmıştır. Bir ay sonunda katılımcıların PSQI ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark bulunmuş, lavanta aromaterapisinin yaşlı bireylerde uyku kalitesini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. (Genç ve ark., 2020).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

İran'da yürütülen pilot bir çalışmada, 37°C ve 40°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ayak banyosunun yaşlı bireylerde uyku kalitesine etkisini değerlendirmek amacıyla, yaşlı bireylere uyumadan bir saat önce on dakika süreli ayak banyosu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda 37°C ve 40°C ayak banyosunun iki haftalık müdahale sonunda ve dört haftaya kadar uyku kalitesini iyileştirdiği, iki farklı sıcaklıkta uygulanan ayak banyosunun uyku kalitesinde anlamlı bir fark göstermediği bulunmuştur (Armat ve ark., 2021).

Min ve arkadaşları (2021), uyku problemi olan yaşlı bireylere uygulanan kulak akupresürünün uyku kalitesine etkisini inceledikleri çalışmada, yaşlı bireyler, araştırmacılar tarafından belirlenen ve işaretlenen uyku ile ilgili akupresür noktalarına otuz saniye boyunca bası uygulaması konusunda eğitilmiştir. Çalışmanın sonucunda, polisomnografi ile ölçülen derin uyku süresi ve oranı, müdahale grubunda kontrol grubuna göre istatiksel olarak anlamlı derecede iyileşmiş, kanda ölçülen melatonin, serotonin, kortizol düzeylerinde ve subjektif uyku kalitesinde istatiksel olarak anlamlı bir değişim bulunmamıştır. (Min ve ark., 2021).

Egzersiz Programları

Bir bakım merkezinde yaşayan yaşlı bireylere bir profesyonel egzersiz eğitmeni ve bir geriatri hemşiresi tarafından on iki hafta boyunca haftada üç kez birer saat, direnç egzersizi programı uygulanmıştır. Egzersiz programı sonucunda, kontrol grubuna göre aktigraf ile ölçülen uyku verimliliği ve uykuya daldıktan sonra uyanık geçirilen zamanda istatiksel olarak anlamlı bir iyileşme belirlenmiştir. Direnç egzersizlerinin bilişsel fonksiyonu normal ve hafif düzeyde bozuk olan yaşlıların uyku verimliliğinde artış sağladığı belirlenmiştir (Li ve ark., 2021). Hafif bilişsel bozukluğu olan yaşlılarda on altı hafta süre ile haftada bir gün müzik eşliğinde uygulanan step aerobik dans programının uyku kalitesine etkileri incelenmiştir. Müdahale sonrasında, deney grubunun PSQI ile ölçülen subjektif uyku kalitesi önemli ölçüde iyileşmiştir. Bununla birlikte aerobik dans programı uygulanan yaşlı bireylerin bilişsel düzeylerinde de iyileşme görülmüştür (Song ve ark., 2024).

Eğitim Müdahaleleri

Eğitim müdahalelerin uyku kalitesine etkisini inceleyen iki araştırma derlemeye dahil edilmiştir (Carvalho ve ark., 2022; Polat & Karasu, 2022). Sağlık İnanç Modeli 'ne temellendirilmiş eğitim kitapçığı ile yürütülen eğitim müdahalesinin, sözel eğitim müdahalesi ile karşılaştırmalı etkinliğini değerlendiren çalışmada, temel sağlık birimine kayıtlı yaşlılara aile sağlığı hemşireleri tarafından ev ziyaretleri düzenlenmiştir. Ev ziyaretlerinde aynı eğitim içeriği bir gruba kitapçık ile diğer gruba ise sözel olarak verilmiştir. Eğitimlerden sekiz hafta sonra, ikinci ev ziyaretleri ile katılımcıların uyku kalitesi PSQI ve Epworth Uykululuk Ölçeği ile değerlendirilmiş, iki grubun da uyku kalitelerinin iyileştiği belirlenmiştir. Kitapçık kullanılarak verilen eğitimin ve sözel eğitimin benzer düzeyde etkili olduğu görülmüştür (Carvalho ve ark., 2022). Uyku hijyeni eğitiminin gündüz aşırı uykululuk ve yorgunluk düzeyine etkisini inceleyen çalışma, iki aile sağlığı merkezine kayıtlı yaşlı bireyler ile iki seansta yürütülmüştür. Katılımcılara yaşlılar için yeterli olan uyku süresi, doğru uyku alışkanlıkları, uykuyu etkileyebilecek yaşam biçimi davranışları, çevresel düzenlemeler konularında verilen uyku

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

hijyeni eğitiminin, gündüz uykululuğu ve yorgunluğun iyileştirilmesinde etkili olduğu belirlenmiştir (Polat & Karasu, 2022).

Çevre Düzenlemesi Uygulamaları

Çevre düzenlemesi uygulamalarından, ışık terapisinin kullanıldığı bir çalışma derlemeye dahil edilmiştir. Bir hastanenin geriatri servinde yatan yaşlı bireyler ile yapılan çalışmada, sabah saatlerinde uygulanan ışık terapisi, müdahale uygulanan süre boyunca kortizol ve melatonin sirkadiyen ritimlerinde değişim sağlamış; ancak bu değişim beklendik düzeyde olmamıştır. Bununla beraber aktigraf ile değerlendirilen uyku verimliliği, uykuya dalma süresi ve uyku kesintisi indeksi müdahale dönemi sırasında anlamlı şekilde artmamıştır. Müdahale ve kontrol döneminde değerlendirilen öznel uyku kalitesi arasında anlamlı fark bulunmamıştır (Schubert ve ark., 2025).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Yazar/Yıl	Çalışmanın Tasarımı/Örneklem Büyüklüğü	Amaç	Veri Toplama Araçları	Çalışma Sonuçları
Kerkez & Erci, 2024	Randomize kontrollü çalışma, ön test – son test/ n=114 (deney grubu n=58, kontrol grubu n= 56)	Türkiye' de iki aile sağlığı merkezine kayıtlı 65 yaş ve üstü bireylere altı hafta boyunca uygulanan hareketli meditasyon egzersizinin depresyon ve uyku kalitesine etkisini değerlendirmek	Standardize Mini Mental Test, Sosyodemografik Bilgi Formu, Katz Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği, Uluslararası Fiziksel Aktivite Ölçeği, Geriatrik Depresyon Ölçeği, Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi	Geriatrik Depresyon Ölçeği son test uygulamasında, ölçek puan ortalamaları açısından deney ve kontrol grubu arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.001$). Deney ve kontrol gruplarının son test puan ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi toplam puanı ile öznel uyku kalitesi ve uyku bozukluğu alt boyutları açısından gruplar arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$).
Carvalho ve ark., 2022	Randomize kontrollü çalışma/ n=126 (1.grup n= 62, 2.grup n= 64).	Brezilya'da dokuz temel sağlık birimine kayıtlı yaşlı bireylerin uyku kalitesini iyileştirmede araştırmacı tarafından oluşturulan Sağlık İnanç Modeli 'ne temellendirilmiş eğitim kitapçığı ile yürütülen eğitim müdahalesinin	Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi, Epworth Uykululuk Ölçeği, bireylerin sosyodemografik ve klinik özelliklerini içeren form	Eğitim kitapçığı kullanılarak eğitim verilen birinci grupta ve sözel eğitim verilen ikinci grupta; -Gece boyunca en az %85 uyku verimliliğine sahip yaşlı bireylerin sayısında istatiksel olarak anlamlı bir artış bulunmuştur ($p<0.001$). -Uyku kalitesini iyi olarak değerlendiren yaşlıların sayısında istatiksel olarak anlamlı bir artış bulunmuştur ($p<0.001$). -Uyku kalitesini kötü olarak değerlendiren yaşlıların sayısında istatiksel olarak anlamlı bir düşüş

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

		(1.grup), sözel eğitim müdahalesi (2.grup) ile karşılaştırmalı etkinliğini değerlendirmek		bulunmuştur (birinci grup= $p<0.001$; ikinci grup= $p<0.05$). -Kaygı nedeniyle uyuyamayan yaşlı bireylerin sayısında istatiksel olarak anlamlı bir düşüş yaşanmıştır ($p<0.05$). Müdahale öncesi ve sonrası gruplar kendi arasında karşılaştırıldığında, uykuya dalma süresinde istatiksel olarak anlamlı bir düşüş bulunmuştur ($p<0.05$). Müdahale öncesi ve sonrası grupların karşılaştırılmasında genel uyku kalitesi parametreleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamış, kitapçık kullanılarak verilen eğitimin ve sözel eğitimin benzer düzeyde etkili olduğu görülmüştür.
Li ve ark., 2020	Randomize kontrollü çalışma/ n=64 (deney grubu n=32, kontrol grubu n=32)	Mindfulness grup terapisinin huzurevinde yaşayan yaşlı bireylerin uyku kalitesine etkisini araştırmak	Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi, yarı yapılandırılmış görüşme, sosyodemografik özellikler formu	Müdahale öncesinde yaşlı bireylerde düşük uyku kalitesi görülme insidansı %65 olarak tespit edilmiştir. Mindfulness grup terapisi sonrasında müdahale grubunun Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi toplam puanında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.001$). Mindfulness grup terapisi sonrasında müdahale grubunun uykuya dalma süresi, uyku süresi ve uyku verimliliğinde anlamlı iyileşmeler sağlanmıştır ($p<0.01$). Müdahale grubunun gündüz işlev bozukluğu müdahale öncesi döneme göre anlamlı düzeyde iyileşmiştir ($p<0.001$).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

				Mindfulness grup terapisi sonucunda müdahale grubunun hipnotik ilaç kullanım sıklığında anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.01$). Yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilere göre deney grubunda uyku ilacına duyulan ihtiyacın azaldığı, uykuya dalmanın kolaylaştığı, olumsuz duygularda azalma olduğu, uyku verimliliğinin arttığı ve kronik hastalık kaynaklı ağrıların azaldığı belirlenmiştir.
Genç ve ark., 2020	Randomize kontrollü çalışma/ n=59 (deney grubu n=30, kontrol grubu n=29)	Türkiye'de bir huzurevinde yaşayan yaşlı bireylere inhalasyon yolu ile uygulanan lavanta aromaterapisinin uyku kalitesi ve yorgunluk düzeyine etkisini belirlemek	Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi, Yorgunluk Şiddeti Ölçeği, yaşlı tanımlama formu	Aromaterapi grubunda, müdahale sonrası Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi ön test ve son test puanları arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuş ($p<0.001$), aromaterapi uygulaması sonrası yaşlıların uyku kalitesinin arttığı belirlenmiştir. Aromaterapi grubunda Yorgunluk Ciddiyet Ölçeği ön test ve son test puanları arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuş ($p<0.05$), aromaterapi uygulamasının yorgunluk şiddetini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir.
Armat ve ark., 2021	Randomize kontrollü çalışma/ n=45 (deney grubu 1 n=15, deney grubu 2 n= 15,	İran'da yaşayan yaşlı bireylere iki farklı sıcaklıkta uygulanan ayak banyosunun, uyku kalitesini	Sosyodemografik bilgi formu, Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi	Yaşlı bireylere 37°C ve 40°C olmak üzere ki farklı sıcaklıkta uygulanan ayak banyosunun iki haftalık müdahale sonunda ve dört haftaya kadar uyku kalitesinde istatiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

	kontrol grubu n=15)	iyileştirmedeki etkinliğini incelemek		37°C sıcaklıkta uygulanan ayak banyosu ve 40°C sıcaklıkta uygulanan ayak banyosu karşılaştırıldığında iki farklı su sıcaklığının uyku kalitesinde istatiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Guruplar arası karşılaştırmalarda, tüm gruplarda 2.hafta ve 4.hafta ölçümleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).
Li ve ark., 2021	Randomize kontrollü tek kör çalışma/ n=59 (deney grubu n= 31, kontrol grubu n= 28)	Çin'de bir bakım merkezinde yaşayan yaşlı bireylere 12 hafta boyunca uygulanan direnç egzersizinin objektif olarak ölçülen uyku kalitesine etkisini test etmek	Aktigraf cihazı, sosyodemografik bilgi formu	Müdahaleden önce yaşlı bireylerin gece ortalama 6.3 saat uyuduğu, uyku başlangıcından sonra 1.4 saat uyanık kaldığı belirlenmiştir. Direnç egzersizleri uygulanan deney grubu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, aktigraf ile ölçülen uyku verimliliği ve uykuya daldıktan sonra uyanık geçirilen zamanda istatiksel olarak anlamlı bir iyileşme belirlenmiştir ($p<0.01$). Deney grubunda bilişsel fonksiyonu normal olan yaşlıların uyku verimliliği müdahale sonrasında kontrol grubuna göre istatiksel olarak anlamlı bir iyileşme göstermiştir ($p<0.01$). Deney grubunda bilişsel fonksiyonu hafif düzeyde bozuk olan yaşlı bireylerde uyku verimliliği ve uykuya daldıktan sonra uyanık geçirilen zamanda istatiksel olarak anlamlı bir iyileşme belirlenmiştir ($p<0.01$).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Schubert ve ark., 2025	Randomize kontrollü çalışma- çapraz tasarım/ n=15 (kontrol-müdahale n=6, müdahale-kontrol n=9)	Almanya'da bir hastanenin geriatri servisinde yatan yaşlı bireylere bir hafta boyunca sabah saatlerinde uygulanan ışık terapisinin, kortizol ve melatonin sirkadiyen ritimleri, öznel ve nesnel uyku kalitesi üzerindeki etkilerini incelemek	Tükürük örneği, araştırmacılar tarafından oluşturulan uyku anketi, aktigraf cihazı, hastane kayıtları	Müdahale döneminde kontrol dönemine göre, öğlen ölçülen kortizol düzeyleri daha yüksek bulunmuş, ancak bu farkın istatiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Müdahale döneminde öğlen ve akşam ölçülen melatonin düzeyleri kontrol dönemine göre artış göstermiştir. Ancak bu farkın istatiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Aktigraf sonuçlarından uyku verimliliği, uykuya dalma süresi ve uyku kesintisi indeksi müdahale döneminde istatiksel olarak anlamlı değişim göstermemiştir. Aktigraf sonuçlarından toplam uyku süresi, toplam gece uyku süresi, uyandıktan sonra uyanık kalma süresi müdahale sırasında azalmış ancak istatiksel olarak anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Ortalama öznel uyku kalitesi, dinlenmiş hissetme skoru, ruh hali ve öznel gündüz uyku süresi açısından kontrol dönemi ve müdahale dönemi arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
Song ve ark., 2024	Randomize kontrollü tek kör çalışma / n= 89 (müdahale grubu n=45,	Çin'de bulunan iki toplum sağlığı merkezine kayıtlı, hafif bilişsel bozukluğu ve kötü uyku kalitesi olan	Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi, Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği, sosyodemografik bilgi formu	Müdahale sonrası deney grubundaki katılımcıların Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi toplam skorunda ön test toplam skoruna göre istatiksel olarak anlamlı bir düşüş bulunmuştur ($p<0.05$). Deney grubundaki yaşlı bireylerin Montreal Bilişsel Değerlendirme skorlarında kontrol grubuna göre

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

	kontrol grubu n=44)	yaşlı bireylere uygulanan 16 haftalık aerobik dans programının uyku kalitesine etkilerini incelemek		istatiksel olarak anlamlı düzeyde iyileşme görülmüştür ($p<0.05$). Aerobik dans programının, genel uyku kalitesi üzerindeki etki büyüklüğü 1.4 olarak bulunmuştur.
Min ve ark., 2021	Randomize kontrollü tek kör çalışma/ n=42 (müdahale grubu n=21, kontrol grubu n=21)	Kore'de iki yaşlı bakım merkezine kayıtlı, uyku bozukluğu olan yaşlı bireylere 8 hafta boyunca uygulanan kulak akupresürünün kanda melatonin, kortizol, serotonin gibi fizyolojik göstergelerin ölçümü yoluyla objektif ve subjektif uyku kalitesine etkisini incelemek	Aktigraf cihazı, polisomnografi, kan testleri, Geriatrik Depresyon Ölçeği, Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi, Dünya Sağlık Örgütü Yaşam Kalitesi Değerlendirme Aracı	Müdahale sonrasında polisomnografi ile ölçülen derin uyku süresi ve oranı, deney grubunda kontrol grubuna göre istatiksel olarak anlamlı derecede iyileşmiştir ($p<0.05$). Deney ve kontrol grubunda polisomnografi ile ölçülen uyandıktan sonra uyanık kalma süreleri açısından iki grup arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Müdahale sonrası deney ve kontrol grubunun aktigraf ile ölçülen hafif uyku süresi, derin uyku süresi ve uyku verimliliği ölçümlerinde iki grup arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Müdahale sonrası deney ve kontrol grubunun kanda ölçülen melatonin, serotonin ve kortizol düzeyleri açısından iki grup arasında istatiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Müdahale sonrasında deney grubunun öznel ölçülen depresyon skorunda müdahale öncesine göre istatiksel olarak anlamlı bir iyileşme görülmüştür ($p<0.001$).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

				Müdahale sonrasında deney grubunun yaşam kalitesi skorunda müdahale öncesine göre istatiksel olarak anlamlı bir iyileşme görülmüştür ($p<0.05$).
Siu ve ark., 2021	Randomize kontrollü üç gruplu çalışma/ n=320 (egzersiz grubu n= 105, tai chi grubu n=105, kontrol grubu n=110)	Çin'de yaşayan 60 yaş ve üstü, insomnia yaşayan, yaşlı bireylere uygulanan 12 haftalık tai chi egzersiz programının, geleneksel egzersiz ve kontrol grubuna göre objektif uyku parametrelerine etkisini değerlendirmek	Aktigraf cihazı, uyku günlüğü, Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi, İnsomnia Ciddiyet İndeksi	Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında egzersiz ve tai chi uygulanan grupların uyku verimliliğinde istatiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir (egzersiz-kontrol $p<0.001$; tai chi-kontrol $p<0.001$). Egzersiz ve tai chi gruplarının uyku verimliliğindeki artış 24 aylık takip sürecinde de devam etmiştir (egzersiz-kontrol $p<0.001$; tai chi-kontrol $p<0.001$). Tai chi grubundaki artış daha belirgin olmuştur (tai chi-egzersiz $p<0.05$). Müdahale sonrasında uykuya dalma süresinde üç grup arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Takip süresinde yalnızca tai chi grubunun uykuya dalma süresinde istatiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir (tai chi-kontrol $p<0.001$). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında insomnia iyileşme oranı müdahale sonrasında tai chi ve egzersiz gruplarında istatiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (egzersiz-kontrol $p<0.05$; tai chi-kontrol $p<0.001$). Takip süresinde de her iki grupta insomnia iyileşme oranı istatiksel olarak anlamlı derecede yüksek kalmaya devam etmiştir (egzersiz-kontrol $p<0.001$; tai chi-kontrol $p<0.001$).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tedavi yanıt oranı müdahale sonrasında tai chi ve egzersiz gruplarında istatiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (egzersiz-kontrol $p<0.05$; tai chi-kontrol $p<0.001$). Takip süresinde de her iki grupta tedavi yanıt oranı istatiksel olarak anlamlı derecede yüksek kalmaya devam etmiştir (egzersiz-kontrol $p<0.05$; tai chi-kontrol $p<0.001$).

Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hem egzersiz hem tai chi grubunda müdahale sonrası ve takip süresinde İnsomnia Ciddiyet İndeksi skorunda istatiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir ($p<0.001$). Bu düşüş müdahale sonrası ölçümlerde tai chi grubunda daha belirgindi ($p<0.001$) fakat takip süresinde gruplar arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$).

Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hem egzersiz hem tai chi grubu hipnotik ilaç kullanımında istatiksel olarak anlamlı bir düşüş göstermiştir ($p<0.001$). İki grup arasında istatiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0.05$).

Tai chi müdahalesinin öznel uyku kalitesini artırmadaki etki büyüklüğü PSQI için 0,83 iken; insomnia ciddiyet indeksi için 0,92 olarak bulunmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Polat & Karasu, 2022	Randomize kontrollü çalışma- ön test son test/ n=134 (deney n= 67, kontrol n=67)	Türkiye'de iki aile sağlığı merkezine kayıtlı yaşlı bireylere verilen uyku hijyeni eğitiminin gündüz aşırı uykululuk ve yorgunluğa etkisini incelemek	Tanıtıcı bilgi formu, Epworth Uykululuk Ölçeği, Yorgunluk Ciddiyet Ölçeği	Eğitim müdahalesi sonrasında deney ve kontrol gruplarının Epworth Uykululuk Ölçeği ve Yorgunluk Ciddiyet Ölçeği ortalama skorları açısından istatiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.001$). Deney grubunun Epworth Uykululuk Ölçeği ve Yorgunluk Ciddiyet Ölçeği ön test ve son test puanları arasındaki farkın istatiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Eğitim müdahalesi gündüz uykululuğu ve yorgunluğun iyileştirilmesinde etkili olmuştur. Kontrol grubunun Epworth Uykululuk Ölçeği ön test ve son test ortalama puanları arasında istatiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak Yorgunluk Ciddiyet Ölçeği ön test ve son test ortalama puanları arasındaki farkın istatiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 1. *Derlemeye alınan çalışmaların özellikleri*

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

TARTIŞMA

Sağlıklı yaşlanma sürecinde sirkadiyen ritimdeki değişimlerin, yaşlı bireylerde uyku sürelerinde kısalma, uyku verimliliğinde azalma, erken uyuma ve erken uyanma gibi sonuçlara neden olduğu bilinmektedir. Uyku bozukluğu olan yaşlı bireylerin farmakolojik tedavisi yaygın bir yaklaşım olmakla birlikte; farmakolojik tedavinin uyku problemlerini artırması, depresyona ve psikomotor bozukluklara neden olması ve düşme riskini artırması gibi birçok yan etkisi bulunmaktadır (Gencarelli ve ark., 2021; Shang ve ark., 2019). Bu nedenle toplumda yaşlı bireylere bakım veren hemşirelerin, yaşlı bireylerde uyku kalitesini artırmaya yönelik nonfarmakolojik uygulamaları bilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, toplumda yaşayan yaşlı bireylerin uyku sağlığını geliştirmeyi amaçlayan dokuz farklı nonfarmakolojik yönteme yer verilmiştir. Çalışmalarda kullanılan yöntemler; tai chi, mindfulness grup terapisi, aromaterapi, ayak banyosu, akupresür, eğitim programı, direnç egzersizi, aerobik dans programı ve ışık terapisidir. Çalışmalarda uygulanan müdahalelerin süresi 1 hafta ile 16 hafta arasında değişmektedir. Çalışmaların yedi tanesinde uyku ile ilgili veriler öz bildirime dayalı ölçekler ile toplanmış, dört çalışmada objektif ölçümlere (aktigraf, polisomnografi, kan örneği, tükürük örneği) yer verilmiştir.

Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarından birisi olan tai chi, diğer bir deyişle hareketli meditasyon, solunum, denge ve aerobik egzersizlerini bir arada bulunduran, düzenli kas aktivitesini sağlayarak uykuya geçişi kolaylaştıran bütüncül bir geleneksel uygulamadır (Yang ve ark., 2023). Kerkez ve Erci (2024), hemşireler tarafından uygulanan altı haftalık tai chi müdahalesinin öznel uyku kalitesini artırdığını; tai chi egzersiz programının, yaşlı bireylerin fiziksel, duygusal ve spiritüel sağlığının bütüncül olarak geliştirilmesinde, hemşirelik bakımının kalitesini artırmada ve sağlık bakım maliyetlerini azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir (Kerkez & Erci, 2024). Siu ve arkadaşları (2021), tai chi egzersiz programı sonucunda meydana gelebilecek plasebo etkisini ortadan kaldırmak için müdahalenin etkilerini hem öznel araçlar ile hem de aktigraf cihazı ile değerlendirmiştir. On iki haftalık tai chi egzersiz programı ile geleneksel egzersiz programının etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmada her iki müdahalenin de aktigraf ile değerlendirilen, uyku verimliliği, uyandıktan sonra uyanık kalma süresi ve uyanma sayısı parametrelerinde iyileşme sağladığı görülmüş, tai chi müdahalesi uygulanan grubun uyku kalitesinde geleneksel egzersiz grubuna göre anlamlı değişimler görülmemiştir. Tai chi, geleneksel egzersiz programlarına katılmak istemeyen yaşlı bireylerin uyku sağlığını geliştirmede maliyet etkin ve etkisi kanıtlanmış bir müdahaledir (Siu ve ark., 2021).

Bireylerin şimdiki ana kabul edici bir tutumla odaklanmasını sağlayan mindfulness, aktif bir süreç olup, uyku sağlığını geliştirmede kullanılan zihin beden temelli, geleneksel ve tamamlayıcı bir uygulamadır (Ong & Moore, 2020). Li ve arkadaşları (2020), huzurevinde yaşayan yaşlı bireylere uygulanan mindfulness grup terapisinin yaşlıların şu anki ana kabul edici bir tutumla odaklanmalarını sağladığını, fiziksel ve zihinsel rahatlamayı sağladığı, böylece uyku süresini, uyku verimliliğini, uykuya dalma süresini iyileştirdiği sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte, mindfulness grup terapisinin uzun süredir hipnotik ilaç kullanan ve bu ilaçların yan etkilerinden endişelenen yaşlıların kullanımına uygun olduğu belirtilmiştir (Li ve ark., 2020).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Aromaterapi, uçucu yağların inhalasyonu, masajı veya banyo yoluyla uygulanan bedensel ve ruhsal iyilik halini desteklemeyi ve rahatlama sağlamayı amaçlayan tamamlayıcı bir yöntemdir (Her & Cho, 2021). Genç ve arkadaşları 2020, yaşlı bireylere bir ay boyunca uygulanan lavanta inhalasyon aromaterapisinin, uyku kalitesini iyileştirmede hemşireler tarafından kolay uygulanabilir, noninvaziv, maliyet etkin ve güvenli bir yöntem olduğunu belirtmiş; aromaterapinin yaşlı bireylerin uyku kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmede uzun süreli çalışmaların yapılmasını önermiştir (Genç ve ark., 2020).

Nonfarmakolojik yöntemlerden biri olan ayak banyosu, periferal vücut sıcaklığını artırarak, vücut çekirdek ısısını düşürmekte ve uykuyu geçişi kolaylaştırmaktadır. Armat ve arkadaşları (2021), vücut ısısından yüksek olan 37°C ve 40°C sıcaklıktaki ayak banyolarının her ikisinin de yaşlı bireylerin öznel uyku kalitesini geliştirmede etkili olduğunu belirtmiştir. Ayak banyosu düşük maliyeti, evde bireylerin kendisi tarafından kolay uygulanabilmesi ve polifarmasinin önüne geçmek için potansiyel bir uygulama olması yönleri ile öne çıkmaktadır (Armat ve ark., 2021).

Geleneksel Çin Tıbbında kullanılan akupresür, vücudun belirli noktalarına bası uygulayarak enerji akışını sağlayan ve farklı popülasyonlarda uyku kalitesini geliştirmek için kullanılan bir yöntemdir (Ling ve ark., 2025). Min ve arkadaşları (2021), haftada bir gün, sekiz hafta boyunca uygulanan akupresürün, yaşlı bireylerin polisomnografi ile ölçülen derin uyku süresi ve oranında anlamlı iyileşmeler sağladığını belirtmiştir. Bu nedenle akupresür, yaşlanma ile azalan derin uyku evresinin süresini iyileştirmede etkili bir yöntem olabilir. Akupresürün etkilerinin hangi haftadan itibaren görüldüğünün belirlenememesi ve uzun vadede etkilerinin bilinmemesi nedeniyle daha uzun zamanlı çalışmaların yapılması önerilmektedir (Min ve ark., 2021).

Derlemeye alınan çalışmalardan ikisinde egzersiz programlarının uyku kalitesine etkisi değerlendirilmiştir (Li ve ark., 2021; Song ve ark., 2024). Sağlıklı yaşlanmanın bir parçası olarak egzersiz programlarının insomnia yönetiminde etkili bir yöntem olduğu bildirilmektedir (Hasan ve ark., 2022). Direnç egzersizlerinin yaşlı bireylerin uyku kalitesine etkilerini objektif olarak değerlendiren çalışmada, on iki haftalık direnç egzersizi programının bilişsel bozukluğu olan ve olmayan yaşlıların uyku verimliliğini ve uyku kesintisini iyileştirmede etkili bir uygulama olduğu belirlenmiştir. Direnç egzersizlerinin, sağlığın temel belirleyicilerinden biri olan uyku sağlığını geliştirme konusunda büyük bir potansiyeli bulunmakla birlikte; uyku sağlığına etkilerini değerlendirmek için daha büyük örneklemlerle, uzun izlem süreleriyle, öznel ve nesnel ölçümlerin birlikte kullanıldığı çalışmaların yapılması önerilmektedir (Li ve ark., 2021). Hafif bilişsel bozukluğu ve uyku problemleri olan yaşlı bireylere uygulanan 16 haftalık aerobik dans programının, yaşlı bireylerin öznel olarak ölçülen uyku süresini ve uyku verimliliğini iyileştirdiğini, uykuya dalma süresini kısalttığı belirlenmiştir. Aerobik egzersizler, diğer egzersiz türlerine göre daha kolay uygulanabilir olması nedeniyle, yaşlı bireylerin uyku sağlığını geliştirmeye yönelik bir müdahale olarak hemşireler tarafından uygulanmalı ve uykuya etkileri objektif olarak değerlendirilmelidir (Song ve ark., 2024).

Hemşirelerin, yaşlı bireylerin uyku kalitesini iyileştirmede danışmanlık ve eğitim verici rolleri önemli bir yere sahiptir. Carvalho ve arkadaşları (2022), yaşlı bireylere yaptıkları ev ziyaretlerinde Sağlık İnanç Modeli 'ne temellendirilmiş uyku sağlığı eğitimini, kitapçık kullanarak ve sözel eğitim olmak üzere iki farklı biçimde uygulamış hem kitapçık ile verilen

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

eğitimin hem de sözel olarak verilen eğitimin yaşlı bireylerin öznel uyku kalitesinde ve uyku verimliliğinde iyileşmeler sağladığını belirtmiştir. Uyku sağlığı eğitiminde Sağlık İnanç Modeli kullanımı, yaşlı bireylerin uykuya yönelik yanlış inançlarının ortaya çıkarılmasını, bu inançların yerine doğrularının pekiştirilmesini dolayısıyla bireyin kendi sağlığı üzerindeki gücünün artmasına imkân sağlayabilir (Carvalho ve ark., 2022). Hemşireler, sözel olarak yapılan veya yazılı, görsel materyaller ile desteklenmiş eğitimler ile yaşlı bireylerin uyku sağlığını geliştirmeye katkıda bulunabilir. Polat ve Karasu (2022), aile sağlığı merkezine kayıtlı yaşlı bireylere verilen uyku hijyeni eğitiminin, gündüz uykululuğu ve yorgunluğun iyileştirilmesinde olumlu etkisinin olduğunu belirtmiştir. Gündüz uykululuğu, yaşlı bireylerin gece uyku kalitesini ve uyku süresini, günlük yaşam aktivitelerini ve bilişsel işlevini olumsuz etkilemesi nedeniyle, uyku hijyeni eğitiminde yer verilmesi gereken önemli bir konudur. Hemşireler uyku hijyeni eğitimlerinden önce, yaşlı bireyleri dikkatlice gözlemlemeli, uyku problemleri açısından değerlendirmeli ve bu doğrultuda eğitimlerini planlamalıdır (Polat & Karasu, 2022).

Yaşlanma süreci ile ışığa duyarlılığı azalan yaşlı bireylerin gün ışığına maruziyeti, sirkadiyen ritimlerin düzenlenmesi için önemli bir faktördür. Yaşlılarda gün ışığına yetersiz maruziyet, uyku kalitesinin düşmesine ve ruhsal sorunlara neden olabilmektedir (Wang ve ark., 2024). Schubert ve arkadaşları (2025), kortizol ve melatonin hormonlarının uyku uyanıklık döngüsünün sağlanması ile ilişkili olduğunu; sirkadiyen ritimdeki değişimlerin bu hormonların sağlanmasındaki fizyolojik süreçleri etkilediğini belirtmiştir. Işığın sirkadiyen ritimler üzerindeki düzenleyici etkisini inceleyen çalışmada, geriatrik hastalara bir hafta boyunca sabah saatlerinde uygulanan ışık terapisinin, müdahale uygulanan süre boyunca kortizol ve melatonin sirkadiyen ritimlerinde anlamlı değişim sağlamadığı; öznel uyku kalitesinde de azalmalar olduğu görülmüştür. Bu durum, hastaların ışık kaynağından rahatsızlık duymaları, ışık kaynağını yeniden ayarlamaları, kaynaktan uzaklaşmaları ve yaşla birlikte görmede oluşabilecek kusurlar ile açıklanmıştır (Schubert ve ark., 2025).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşlı bireylerde uyku bozuklukları; düşme riski, bilişsel gerileme, kronik hastalıkların kötüleşmesi ve depresyon gibi birçok sağlık sorununu beraberinde getirebilir. Bu durum, hem bireysel düzeyde yaşam kalitesini düşürmekte hem de sağlık sistemine olan maliyetleri artırarak toplum sağlığını etkilemektedir. Uyku sağlığı, yaşlı bireyler için yalnızca bireysel bir gereksinim değil, aynı zamanda toplumsal düzeyde ele alınması gereken bir halk sağlığı önceliğidir.

Bu derlemede, yaşlı bireylerin uyku sağlığını desteklemeye yönelik olarak dokuz farklı nonfarmakolojik müdahale yöntemi ele alınmıştır. Bunlar arasında Tai Chi, mindfulness grup terapisi, aromaterapi, ayak banyosu, akupresür, eğitim programları, uyku hijyeni uygulamaları, direnç egzersizi, aerobik dans ve ışık terapisi yer almaktadır.

İlgili çalışmalar, bu müdahalelerin genel olarak uyku kalitesini artırmada etkili olduğunu ortaya koymakla birlikte, daha geniş örneklem gruplarıyla, uzun süreli ve kontrollü araştırmalara

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ihtiyaç duyulduğu da vurgulanmaktadır. Ayrıca, söz konusu yöntemlerin hemşireler tarafından kolaylıkla uygulanabilir, güvenli ve minimal yan etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Toplum temelli sağlık hizmetlerinde görev alan hemşireler, yaşlı bireylerin uyku sağlığına yönelik farkındalık oluşturarak, erken tanı, risk belirleme ve koruyucu müdahalelerin yaygınlaştırılmasında kilit bir rol üstlenmektedir. Özellikle birinci basamak sağlık hizmetleri, aile sağlığı merkezleri, huzurevleri ve toplum sağlığı merkezleri gibi alanlarda çalışan hemşirelerin bu konuda yetkinlik kazanması, sağlıklı yaşlanmayı destekleyici politikaların temel yapı taşlarından biri olmalıdır.

Bu bağlamda, hemşirelerin yaşlı bireylerin uyku sağlığını geliştiren müdahaleleri bilmesi, uygulaması ve yaygınlaştırması önemlidir. Ayrıca, hemşirelerin bu alanda kanıta dayalı araştırmalar planlamaları, ulusal düzeyde politika geliştirilmesine ve yaşlılara yönelik toplum sağlığı stratejilerinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KAYNAKLAR

Armat, M. R., Mortazavi, H., Akbari, H., & Ebrahimzadeh, Z. (2021). The effect of footbath on the quality of sleep in older adults: A pilot study. *Geriatric Nursing*, *42*(5), 1178-1183. https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2021.07.008

Başer, G., & Hisar, F. (2021). Yaşlı Bireylerde Uyku Sorunlarını Gidermeye Yönelik Nonfarmakolojik Müdahaleler: Sistematik Derleme. *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, *8*(2), 178-185.

Canever, J. B., Zurman, G., Vogel, F., Sutil, D. V., Diz, J. B. M., Danielewicz, A. L., Moreira, B. S., Cimarosti, H. I., & de Avelar, N. C. P. (2024). Worldwide prevalence of sleep problems in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Med*, *119*, 118-134. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.03.040

Carvalho, K. M. d., Figueiredo, M. d. L. F., Galindo Neto, N. M., Sá, G. G. d. M., Silva, C. R. D. T., & Mendes, P. N. (2022). Comparison of the effectiveness of two educational interventions on sleep quality in older adults: a randomized clinical trial. *Revista da Escola de Enfermagem da U S P*, *56*, e20220326-e20220326. https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2022-0326en

Fernandes, M., Antonucci, M., Capecci, F., Mercuri, N. B., Della-Morte, D., & Liguori, C. (2024). Prevalence of sleep disorders in geriatrics: an exploratory study using sleep questionnaires. *Geriatric Nursing*, *60*, 107-113. https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.08.032

Gencarelli, A., Sorrell, A., Everhart, C. M., Zurlinden, T., & Everhart, D. E.. (2021). Behavioral and exercise interventions for sleep dysfunction in the elderly: a brief review and future directions. *Sleep and Breathing*, *25*(4), 2111–2118. https://doi.org/10.1007/s11325-021-02329-9

Genç, F., Karadağ, S., Kiliç Akça, N., Tan, M., & Cerit, D. (2020). The effect of aromatherapy on sleep quality and fatigue level of the elderly: A randomized controlled study. *Holistic Nursing Practice*, *34*(3), 155-162. https://doi.org/10.1097/HNP.0000000000000385

Hasan, F., Tu, Y.-K., Lin, C.-M., Chuang, L.-P., Jeng, C., Yuliana, L. T., Chen, T.-J., & Chiu, H.-Y. (2022). Comparative efficacy of exercise regimens on sleep quality in older adults: A systematic review and network meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, *65*, 101673. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smrv.2022.101673

Her, J., & Cho, M.-K. (2021). Effect of aromatherapy on sleep quality of adults and elderly people: A systematic literature review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine*, *60*, 102739. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ctim.2021.102739

Kerkez, M., & Erci, B. (2024). The Effect of Moving Meditation Exercise on Depression and Sleep Quality of the Elderly: A Randomized Controlled Study. *Holistic Nursing Practice*, *38*(1), 41-49. https://doi.org/10.1097/HNP.0000000000000627

Li, X.-J., Liu, P.-X., Hong, F.-F., & Pan, Y. (2020). A randomized controlled trial of group mindfulness therapy on sleep quality of the elderly in nursing homes. https://doi.org/10.12032/life2020-0723-104

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Li, Z., Li, J., Yu, G., Yu, F., Li, K., & Szanton, S. (2021). The effect of resistance training on sleep in Chinese older adults: A randomized controlled trial. *Geriatric Nursing*, *42*(1), 289-294. https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2020.09.002

Liao, J., Shi, Y., Li, Y., & Han, D. (2025). Impact of age on sleep duration and health outcomes: Evidence from four large cohort studies. *Sleep Medicine*, *129*, 140-147. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2025.02.024

Lin, Y., Hu, Y., Guo, J., Chen, M., Xu, X., Wen, Y., Yang, L., Lin, S., Li, H., & Wu, S. (2022). Association between sleep and multimorbidity in Chinese elderly: Results from the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey (CLHLS). *Sleep medicine*, *98*, 1–8.

Min, J., Kim, B., & Park, H. (2021). The effects of auricular acupressure on the sleep of the elderly using polysomnography, actigraphy and blood test: randomized, single-blind, sham control. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *45*, 101464.

National Sleep Foundation. 2020. How much sleep do you really need? Web Erişimi: https://www.thensf.org/how-many-hours-of-sleep-do-you-really-need/ Erişim Tarihi: 03.03.2025

Ong, J. C., & Moore, C. (2020). What do we really know about mindfulness and sleep health? *Current Opinion in Psychology*, *34*, 18-22. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.08.020

Polat, F., & Karasu, F. (2022). Effect of sleep hygiene training given to elderly individuals on daytime sleepiness and fatigue: A randomized controlled trial. *Perspectives in Psychiatric Care*, *58*(4), 2161-2169. https://doi.org/10.1111/ppc.13043

Ramar, K., Malhotra, R. K., Carden, K. A., Martin, J. L., Abbasi-Feinberg, F., Aurora, R. N., Kapur, V. K., Olson, E. J., Rosen, C. L., Rowley, J. A., Shelgikar, A. V., & Trotti, L. M. (2021). Sleep is essential to health: an American Academy of Sleep Medicine position statement. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *17*(10), 2115-2119. https://doi.org/10.5664/jcsm.9476

Schubert, A., Laurentius, T., Lange, S., Bertram, J., Bollheimer, L. C., Schweiker, M., & Christoforou, R. (2024). Effects of a daylight intervention in the morning on circadian rhythms and sleep in geriatric patients: a randomized crossover trial. *European Geriatric Medicine*. https://doi.org/10.1007/s41999-024-01100-z

Shang, B., Yin, H., Jia, Y., Zhao, J., Meng, X., Chen, L., & Liu, P. (2019). Nonpharmacological interventions to improve sleep in nursing home residents: A systematic review. *Geriatric nursing*, *40*(4), 405–416. https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2019.01.001

Siu, P. M., Yu, A. P., Tam, B. T., Chin, E. C., Yu, D. S., Chung, K. F., Hui, S. S., Woo, J., Fong, D. Y., Lee, P. H., Wei, G. X., & Irwin, M. R. (2021). Effects of Tai Chi or Exercise on Sleep in Older Adults with Insomnia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA network open*, *4*(2), E2037199-E2037199. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.37199

Song, D., Yu, D., Liu, T., & Wang, J. (2024). Effect of an Aerobic Dancing Program on Sleep Quality for Older Adults With Mild Cognitive Impairment and Poor Sleep: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, *25*(3), 494-499. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2023.09.020

Song, Y., Dong, Q., Chang, Z. g., Song, C., Cui, K., Wu, S., Gao, G., Fu, R., Gao, Y., & Dou, K. (2023). The impact of sleep quality and its change on the long-term risk of stroke in

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

middle-aged and elderly people: Findings from the English Longitudinal Study of Ageing. *Sleep Medicine*, *107*, 281-288. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.04.032

Tatineny, P., Shafi, F., Gohar, A., & Bhat, A. (2020). Sleep in the Elderly. *Missouri medicine*, *117*(5), 490–495.

World Health Organization (WHO). 2020. Decade of healthy ageing: Plan of action. Web Erişimi: https://www.who.int/publications/m/item/decade-of-healthy-ageing-plan-of-action Erişim tarihi: 03.03.2025

Yang, M., Yang, J., Gong, M., Luo, R., Lin, Q., & Wang, B. (2023). Effects of tai chi on sleep quality as well as depression and anxiety in insomnia patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(4), 3074.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

TİP 2 DİYABETLİ YAŞLI BİREYLERDE SOSYAL DESTEĞİN DİYABET YÖNETİMİNE ETKİSİ

Doç. Dr., Merve KOLCU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Hemşirelik Fakültesi,
merve.kolcu@sbu.edu.tr - 0000-0002-8187-4767

Prof. Dr., Selda ÇELİK
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Hemşirelik Fakültesi,
selda.celik@sbu.edu.tr - 0000-0003-4328-3189

ÖZET

Tip 2 diyabet, yaşlı bireylerin fiziksel, ruhsal ve sosyal yaşam kalitesini olumsuz etkileyen yaygın bir kronik hastalıktır. Bu hastalığın etkin yönetimi yalnızca ilaç tedavisine bağlı olmayıp, bireyin yaşam tarzı değişikliklerine uyum sağlaması ve çevresinden aldığı destekle de yakından ilişkilidir. Sosyal destek, özellikle yaşlı bireylerde öz bakım davranışlarını geliştirme, tedaviye uyumu artırma ve hastalıkla başa çıkmayı kolaylaştırma açısından kritik bir rol oynar. Bu bağlamda, aile, arkadaş ve sağlık profesyonellerinden alınan sosyal desteğin, yaşlı diyabetlilerin hastalık yönetimi üzerindeki etkilerinin araştırılması önemlidir. Araştırmanın amacı, tip 2 diyabetli yaşlı bireylerde sosyal desteğin diyabet yönetimine etkilerini incelemektir. Tanımlayıcı nitelikteki bu çalışma, Nisan-Temmuz 2025 tarihleri arasında bir diyabet birimine başvuran 263 tip 2 diyabet hastası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Verilerin toplanmasında kişisel tanıtım formu ve Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği kullanılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması 68,43±4,48 yıl, HbA1C ortalaması ise 9,04±0,83 olarak bulunmuştur. Analizler sonucunda, Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği toplam puanının HbA1C değerlerini istatistiksel olarak etkilediği belirlenmiştir (R^2=0,250, p≤0,001). Bu bulgu, algılanan sosyal destek düzeyinin metabolik kontrolü yansıtan HbA1C üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Sosyal destek düzeyi arttıkça, diyabet yönetiminde başarı oranının da yükseldiği gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, tip 2 diyabetli yaşlı bireylerde sosyal destek ağlarının güçlendirilmesine yönelik müdahalelerin geliştirilmesi ve sağlık profesyonellerinin bu süreçte aktif rol alması, hastalık yönetiminin etkinliğini artırmak için önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diyabet Yönetimi, Sosyal Destek, Tip 2 Diyabet

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THE EFFECT OF SOCIAL SUPPORT ON DIABETES MANAGEMENT IN ELDERLY INDIVIDUALS WİTH TYPE 2 DIABETES

Associate Prof., Merve KOLCU
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing
merve.kolcu@sbu.edu.tr – ORCID: 0000-0002-8187-4767

Professor Dr., Selda CELIK
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing
selda.celik@sbu.edu.tr – ORCID: 0000-0003-4328-3189

ABSTRACT
Type 2 diabetes is a common chronic disease that negatively affects the physical, psychological, and social quality of life of older adults. Effective management of this condition is not limited to pharmacological treatment; it also requires the individual's adherence to lifestyle modifications and utilization of available social support. Social support plays a critical role, particularly for older adults, in improving self-care behaviors, enhancing adherence to treatment, and facilitating coping with the disease. In this context, evaluating the impact of social support provided by family members, friends, and healthcare professionals on the disease management of older adults with diabetes is an important area of research. The aim of this study was to investigate the effects of social support on diabetes management in older adults with type 2 diabetes. This descriptive study was conducted between April and July 2025 with 263 patients who applied to a diabetes unit. Data were collected using a personal information form and the Multidimensional Perceived Social Support Scale. The mean age of the participants was 68.43±4.48 years, and the mean HbA1C level was 9.04±0.83. The analysis revealed that the total score of the Multidimensional Perceived Social Support Scale had a statistically significant effect on HbA1C values (R^2=0.250, p≤0.001). This finding indicates that the perceived level of social support has a significant impact on metabolic control as reflected by HbA1C levels. Higher social support was associated with better diabetes management outcomes. Based on these results, interventions aimed at strengthening the social support networks of older adults with type 2 diabetes, with active involvement of healthcare professionals, are recommended to improve the effectiveness of disease management.

Keywords: Diabetes Management, Social Support, Type 2 Diabetes

1. GİRİŞ
Dünya genelinde hızla artan kronik hastalıklar arasında diyabet, görülme sıklığı, yol açtığı komplikasyonlar ve yaşam kalitesini olumsuz etkilemesi nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunudur (1,2).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) verilerine göre; dünya genelinde yaklaşık 537 milyon yetişkinin diyabet tanısı aldığı, bu sayının 2045 yılında 783 milyona ulaşacağı öngörülmektedir. Tip 2 diyabet, tüm diyabet vakalarının %90'dan fazlasını oluşturmakta ve özellikle ileri yaş grubunda daha yüksek prevalansa sahiptir (3).

Yaşlanma ile birlikte metabolik değişiklikler, fiziksel aktivitenin azalması, beslenme alışkanlıklarındaki bozulma ve eşlik eden kronik hastalıkların varlığı tip 2 diyabetin kontrolünü güçleştirmektedir. Diyabetin uzun süreli yönetimi; düzenli beslenme, fiziksel aktivite, ilaç tedavisine uyum, düzenli sağlık kontrolleri ve öz bakım davranışlarının sürdürülmesini gerektirmektedir. Ancak yaşlı bireylerde bilişsel gerileme, fonksiyonel yetersizlikler ve sosyal destek eksikliği gibi faktörler diyabet yönetimini olumsuz etkileyebilmektedir (4,5).

Bu noktada sosyal destek, diyabet yönetiminde önemli bir belirleyici olarak öne çıkmaktadır. Sosyal destek; bireyin aile, arkadaş ve sağlık profesyonelleri gibi çevresinden aldığı duygusal, bilgilendirici ve pratik yardımları kapsamaktadır. Literatürde sosyal desteğin öz bakım davranışlarını güçlendirdiği, tedaviye uyumu artırdığı, psikolojik iyilik halini desteklediği ve metabolik kontrol üzerinde olumlu etkiler yarattığı bildirilmektedir. Buna karşın sosyal desteğin yetersiz olması, diyabetli yaşlı bireylerde kontrolsüz kan şekeri, artan komplikasyon riski ve yaşam kalitesinde düşüş ile ilişkilendirilmektedir (6).

Türkiye'de yaşlı nüfus oranı giderek artmakta ve yaşlı bireylerde tip 2 diyabet önemli bir sağlık sorunu olarak öne çıkmaktadır (7). Bu bağlamda yaşlı diyabetli bireylerde sosyal desteğin değerlendirilmesi, diyabet yönetimini etkileyen faktörlerin ortaya konması ve elde edilen bulgular doğrultusunda sağlık profesyonellerine yol gösterici öneriler sunulması büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırma, tip 2 diyabetli yaşlı bireylerde sosyal desteğin diyabet yönetimine etkisini incelemek amacıyla planlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tanımlayıcı araştırmanın verileri, Nisan-Temmuz 2025 tarihleri arasında bir diyabet polikliniğine başvuran tip 2 diyabetli yaşlı hastalardan toplanmıştır. Araştırmada minimum örneklem büyüklüğü, %95 güven aralığı ve ±%5 örnekleme hatası ile 268 kişi olarak belirlenmiştir.

Araştırmaya dahil edilme kriterleri şunlardır: a) 65 yaş ve üzeri olup çalışmaya katılmayı gönüllü olarak kabul etmek, b) en az altı aydır tip 2 diyabet tanısı ile takip edilmek, c) orta veya ileri evre demans tanısı bulunmamak, d) sözel iletişim kurabilmek.

Veriler, araştırmacılar tarafından, hastaların mahremiyeti ve güvenliği sağlanarak, diyabet polikliniğinde ayrı bir odada yüz yüze görüşme yöntemi ile toplanmıştır.

Veri toplama araçları olarak Tanıtıcı Bilgi Formu ve Diyabet Öz-Bakım Ölçeği kullanılmıştır.

Tanıtıcı Bilgi Formu, araştırmacılar tarafından hazırlanmış olup iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim ve gelir durumu gibi bireysel özellikleri belirlemeye yönelik 6 soru; ikinci bölümde diyabet tanı süresi, tedavi şekli, diyete dikkat etme durumu ve düzenli diyabet kontrolü gibi hastalık özelliklerini saptamaya yönelik 6 soru olmak üzere toplam 12 soru yer almaktadır. Katılımcıların HbA1C değerleri ise hasta dosyalarından alınmıştır.

Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği, Zimet ve arkadaşları tarafından 1988 yılında geliştirilmiş bir ölçektir ve bireylerin algıladıkları sosyal destek düzeyini belirlemeyi amaçlar. Türkiye'de Eker ve Arkar (1995) tarafından geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır. Ölçek, toplam 12 maddeden oluşmakta ve 1 ("kesinlikle hayır") ile 7 ("kesinlikle evet") arasında derecelendirilen Likert tipi bir ölçektir. Ölçeğin üç alt boyutu; aile, arkadaş ve özel kişi desteğini yansıtmaktadır ve her alt ölçek 4 maddeden oluşmaktadır. Alt ölçek puanları 4–28 arasında değişirken, toplam puan 12–84 arasında yer almaktadır. Toplam puan yükseldikçe

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

algılanan sosyal desteğin yüksek olduğu kabul edilmektedir. Ölçeğin Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı 0,92 olarak belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistikler ve regresyon analizi uygulanmış, sonuçlar %95 güven aralığında ve $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde yorumlanmıştır.

Araştırma, ilgili etik kurul onayı ve hastane izni alınarak Helsinki Bildirgesi'ne uygun biçimde yürütülmüştür. Katılımcılara araştırmanın amacı ve prosedürleri sözlü olarak anlatılmış ve her gönüllüden yazılı bilgilendirilmiş onay alınmasının ardından veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yaşlı bireylerin %81,4'ünün 65-74 yaş aralığında, %54,4'ünün kadın, %60,5'inin evli, %40,3'ünün ilköğretim mezunu, %62,7'sinin de geliri giderine denk ve %38,4'ünün ise eşinin bakımını üstlendiği saptanmıştır (Çizelge 1).

Bu araştırmada tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin büyük çoğunluğunun 65-74 yaş aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, diyabetin özellikle ileri yaşlarda görülme sıklığının arttığını ortaya koyan literatürle uyumludur. Yaşlanma süreciyle birlikte metabolik değişiklikler, fiziksel aktivitenin azalması ve kronik hastalık yükünün artması, tip 2 diyabetin görülme oranını artıran önemli faktörler olarak değerlendirilebilir (10).

Katılımcıların yarısından fazlasının kadın olması, kadınların yaşam süresinin erkeklere göre daha uzun olması ve sağlık hizmetlerinden yararlanma eğilimlerinin daha yüksek olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca evli olan bireylerin oranının yüksek olması, sosyal destek açısından önemli bir bulgudur. Evli bireylerin eşlerinden gördükleri duygusal ve pratik desteğin diyabet yönetiminde olumlu etkiler yaratabileceği düşünülmektedir.

Eğitim durumuna bakıldığında, katılımcıların büyük kısmının ilköğretim mezunu olduğu görülmektedir. Düşük eğitim düzeyi, sağlık okuryazarlığını olumsuz etkileyerek diyabet yönetiminde bilgi ve beceri yetersizliklerine yol açabilir. Bununla birlikte araştırmada bireylerin önemli bir bölümünün gelir-gider dengesinin bulunduğu belirlenmiştir. Gelir düzeyinin yeterli olması, tedaviye erişim, düzenli kontroller ve sağlıklı beslenme olanakları açısından avantaj sağlayabilir.

Öte yandan katılımcıların %38,4'ünün eşinin bakımını üstlenmesi dikkat çekici bir bulgudur. Bu durum, yaşlı bireylerin yalnızca kendi sağlık sorunlarıyla değil, eşlerinin bakım sorumluluklarıyla da ilgilenmek zorunda kaldıklarını göstermektedir. Bu yük, bireylerin diyabet yönetiminde öz bakım davranışlarını olumsuz etkileyebilir. Sosyal destek sistemlerinin güçlü olması, bu bireylerin hem kendi sağlıklarını yönetmelerine hem de bakım yüklerini hafifletmelerine katkı sağlayabilir.

Çizelge 1. Tip 2 Diyabetli Yaşlı Bireylerin Tanımlayıcı Özelliklerinin Dağılımı (n= 263)

Özellikler	**n**	**%**
Yaş (yıl)		
65-74	214	81,4
≥75	49	18,6
Cinsiyet		
Kadın	143	54,4
Erkek	120	45,6
Medeni durum		
Evli	159	60,5
Bekar	104	39,5

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Eğitim		
Okur yazar	90	34,2
İlköğretim	106	40,3
Ortaöğretim	32	12,2
Üniversite ve lisansüstü	25	13,3
Ekonomik durum		
Gelir giderden fazla	13	4,9
Gelir gidere denk	165	62,7
Gelir giderden az	85	32,3
Evde bakımını üstlendiği kişi/kişiler		
Yok	93	35,4
Eş	101	38,4
Torun	69	26,2

Araştırmaya katılan yaşlı bireylerin %47'sinin 16 yıl ve üzeri diyabet tanılı olduğu, %54'ünün OAD ve insülin kullandıkları, %51,7'sinin kısmen diyetine dikkat ettiği, %49,4'ünün düzenli diyabet kontrolünün olmadığı, %89,4'ünün diyabet yönetiminde sosyal desteğinin olmadığı ve %54,4'ünün de genel olarak sağlığını kötü olarak değerlendirdiği bulunmuştur. Yaşlı bireylerin yaş ortalaması 68,43±4,48 yıl, HbA1C ortalaması %9,04±0,83 ve Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği toplam puanı ortalaması ise 37,12±4,65 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Bu araştırmada tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin yaklaşık yarısının 16 yıl ve üzeri süredir diyabet tanısı aldığı saptanmıştır. Diyabet tanı süresinin uzaması, hastalığa bağlı komplikasyonların ve yönetim güçlüklerinin artması açısından önemli bir risk faktörüdür. Literatürde de diyabet süresinin uzamasıyla birlikte metabolik kontrolün zorlaştığı, öz bakım davranışlarının sürdürülebilirliğinin azaldığı ve komplikasyon oranlarının yükseldiği bildirilmektedir.

Katılımcıların yarısından fazlasının OAD ile birlikte insülin tedavisi aldığı belirlenmiştir. Bu bulgu, bireylerin diyabet süresinin uzun olması ve tek başına OAD tedavisinin yetersiz kalması nedeniyle tedavi rejiminin yoğunlaştırıldığını göstermektedir. Ancak tedaviye rağmen HbA1C ortalamasının %9,04±0,83 gibi hedefin oldukça üzerinde olması, metabolik kontrolün sağlanamadığını ortaya koymaktadır.

Diyabet yönetiminin önemli bir bileşeni olan beslenme davranışlarına bakıldığında, bireylerin yalnızca yarısının kısmen diyetine dikkat ettiği belirlenmiştir. Bu durum, diyabetin kontrol altına alınmasını zorlaştırmakta ve HbA1C düzeylerinin yüksek seyretmesine neden olmaktadır. Ayrıca katılımcıların neredeyse yarısının düzenli diyabet kontrolüne gitmediği görülmektedir. Düzenli kontrollerin yapılmaması hem hastalığın seyrini hem de tedavi uyumunu olumsuz etkileyen önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir.

Araştırmada dikkat çeken en önemli bulgulardan biri, bireylerin büyük çoğunluğunun diyabet yönetiminde sosyal desteğe sahip olmadığını belirtmesidir. Sosyal desteğin yokluğu, öz bakım davranışlarının yetersizliği, tedaviye uyum güçlüğü ve psikososyal yükün artışı ile ilişkilidir. Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği ortalama puanının da düşük çıkması, yaşlı bireylerin sosyal çevrelerinden yeterli destek göremediklerini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, sosyal destek ağlarının diyabet yönetiminde ne kadar kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır.

Bunun yanında, katılımcıların yarısından fazlasının genel sağlık durumunu kötü olarak değerlendirmesi, bireylerin hem subjektif sağlık algısının düşük olduğunu hem de diyabetin yaşam kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir. Yaş ortalamasının 68,43±4,48 olması, bireylerin ileri yaş grubunda bulunmasıyla birlikte kronik hastalık yükünün artmasını açıklayan bir diğer faktördür.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 2. Tip 2 Diyabetli Yaşlı Bireylerin Diyabet ile ilgili Özelliklerinin Dağılımı (n= 263)

Özellikler	**n**	**%**
Diyabet tanı süresi (yıl)		
≤15	113	43,0
≥16	150	47,0
Diyabet tedavi şekli		
OAD	9	3,4
OAD ve insülin	142	54,0
İnsülin	112	42,6
Diyetine dikkat etme		
Evet	29	11,0
Kısmen	136	51,7
Hayır	98	37,3
Düzenli diyabet kontrolü		
Evet	21	8,0
Hayır	130	49,4
Kısmen	112	42,6
Diyabet yönetiminde sosyal destek varlığı		
Evet	28	10,6
Hayır	235	89,4
Sağlık durumunu değerlendirme		
Orta	120	45,6
Kötü	143	54,4
	Min-Maks.	**Ort.±SS**
Yaş (yıl)	56-87	68,43±4,48
HbA1C %	7-12	9,04±0,83
Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Destek Ölçeği toplam puanı	25-47	37,12±4,65
OAD= Oral antidiyabetik; Min= Minumum; Maks.= Maksimum		

Tip 2 diyabetli yaşlı bireylerde Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Desteği ölçeği toplam puanını eğitim, sağlık durumunu değerlendirme, diyabet yönetiminde sosyal destek varlığı ve HbA1C ortalamasının istatistiksel olarak etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (R^2=0,250, p≤0.001) (Çizelge 3).

Eğitim düzeyinin sosyal destek algısı üzerinde etkili olması, sağlık okuryazarlığı ve öz bakım davranışları ile ilişkilendirilebilir. Daha yüksek eğitim düzeyine sahip bireylerin diyabet yönetiminde bilgiye erişimlerinin ve sosyal destek kaynaklarını kullanma becerilerinin daha güçlü olduğu bildirilmektedir (10,11). Nitekim, eğitim düzeyi düşük olan bireylerde hem sağlık davranışlarının hem de sosyal destek algısının sınırlı olduğu ve bu durumun glisemik kontrolü olumsuz etkilediği gösterilmiştir (8).

Bireylerin kendi sağlık durumlarını değerlendirmeleri de sosyal destek algısıyla anlamlı şekilde ilişkilidir. Sağlık durumunu olumlu değerlendiren bireylerin sosyal destek algısının daha yüksek olması, sosyal desteğin öznel sağlık algısını güçlendirdiğini düşündürmektedir. Literatürde de sosyal destek algısının yüksek olmasının, kronik hastalığı olan bireylerde yaşam kalitesi ve sağlık algısını olumlu etkilediği bildirilmektedir (1,5).

Araştırmada sosyal desteğin varlığının algılanan sosyal destek düzeyini doğrudan etkilediği bulunmuştur. Bu sonuç, sosyal desteğin diyabet yönetiminde sürdürülebilirliği sağlamak için kritik bir faktör olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalarda aile, arkadaş ve sağlık profesyonellerinden alınan sosyal desteğin; tedaviye uyumu artırdığı, öz bakım davranışlarını geliştirdiği ve psikolojik dayanıklılığı güçlendirdiği vurgulanmaktadır (6,7).

Ayrıca HbA1C ortalamasının algılanan sosyal destek üzerinde anlamlı etkisi olması dikkat çekicidir. Sosyal destek eksikliğinin, ilaç uyumsuzluğu, diyete dikkat etmeme ve kontrolleri

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

aksatma gibi nedenlerle glisemik kontrolü olumsuz etkilediği birçok çalışmada rapor edilmiştir (8-10). Mevcut bulgular da bu sonuçları destekler niteliktedir.

Genel olarak bu sonuçlar, sosyal desteğin tip 2 diyabetli yaşlı bireylerde yalnızca psikososyal bir unsur değil, aynı zamanda metabolik kontrol üzerinde doğrudan etkili olan bir sağlık belirleyicisi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle diyabet yönetiminde eğitim programlarının desteklenmesi, sosyal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi ve aile/çevre temelli girişimlerin uygulanması önem arz etmektedir.

Çizelge 3. Tip 2 Diyabetli Yaşlı Bireylerde Çok Boyutlu Algılanan Sosyal Desteği Etkileyen Faktörler

Özellikler	**B**	**β**	**t**	**p**
Sabit				
Yaş	-1,071	-0,085	-1,425	0,155
Eğitim	-0,807	0,299	-0,164	**0,007**
Sağlık durumunu değerlendirme	0,611	0,274	0,150	**0,026**
Diyabet tanı süresi	0,938	0,672	0,095	0,164
Diyabet tedavi şekli	-0,611	0,538	-0,069	0,257
Düzenli diyabet kontrolü	-0,263	0,475	-0,033	0,580
Diyabet yönetiminde sosyal destek varlığı	-1,959	0,969	-0,123	**0,044**
HbA1C %	0,660	0,360	0,112	**0,000**
$R=0,348$, $R^2=0,250$, $F=4,231$, $p=0.000$. $p<0.05$.				

4. SONUÇ

Bu araştırmada tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin çoğunluğunun 65-74 yaş aralığında, kadın, evli ve ilköğretim mezunu olduğu; önemli bir kısmının eş bakım sorumluluğunu üstlendiği belirlenmiştir. Katılımcıların yarısından fazlasının 16 yıl ve üzeri süredir diyabet tanılı olduğu, OAD ve insülin tedavisi aldığı, düzenli diyabet kontrolüne gitmediği ve diyabet yönetiminde sosyal destekten yoksun olduğu saptanmıştır. Ayrıca bireylerin genel sağlık durumlarını kötü olarak değerlendirdikleri, HbA1C ortalamalarının yüksek olduğu ve algılanan sosyal destek düzeylerinin düşük olduğu görülmüştür.

Araştırmada, eğitim durumu, sağlık algısı, diyabet yönetiminde sosyal destek varlığı ve HbA1C ortalamasının algılanan sosyal destek üzerinde anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. Bu bulgu, sosyal desteğin yalnızca psikososyal bir unsur değil, aynı zamanda metabolik kontrol üzerinde doğrudan etkili bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırma sonuçları doğrultusunda; diyabetli yaşlı bireylerde sosyal destek düzeyinin düzenli olarak değerlendirilmesi, aile ve toplum temelli destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, sağlık profesyonelleri tarafından düzenli kontrol ve danışmanlık hizmetlerinin artırılması ile eğitim ve sağlık okuryazarlığını geliştirmeye yönelik programların yaygınlaştırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Azadbakht, M., Taheri, Tanjani, P., Fadayevatan, R., Foroughan, M., & Zanjari, N. (2023). The effect of a peer social support network intervention on self-management of the elderly with type 2 diabetes. *Journal of Client-Centered Nursing Care*, *9*(1), 57-68. https://doi.org/10.32598/JCCNC.9.1.472.1

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2. Borhaninejad, V., Shati, M., Bhalla, D., Iranpour, A., & Fadayevatan, R. (2017). A population-based survey to determine association of perceived social support and self-efficacy with self-care among elderly with diabetes mellitus (Kerman City, Iran). *The International Journal of Aging and Human*
3. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas 2021. 10th Edition, IDF, Brussels. http://www.diabetesatlas.org (Accessed on 15 August 2025).
4. Kong, L. N., Zhu, W. F., He, S., Yao, Y., & Yang, L. (2019). Relationships among social support, coping strategy, and depressive symptoms in older adults with diabetes. *Journal of Gerontological Nursing*, 45(4), 40-46. https://doi.org/10.3928/00989134-20190305-03
5. Prabawati, D., & Natalia, L. (2020). The effectiveness of self-care model on diabetes self-management behaviour. *Indonesian Nursing Journal of Education and Clinic*, 5(1), 1-7. http://dx.doi.org/10.24990/injec.v5i1.277
6. Ramkisson, S., Pillay, B. J., & Sibanda, W. (2017). Social support and coping in adults with type 2 diabetes. *African Journal of Primary Health Care and Family Medicine*, *9*(1), 1-8. https://doi.org/10.4102/phcfm.v9i1.1405
7. Turkish Statistical Institute (TUIK). Address Based Population Registration System Results 2021. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2021–4550 (Accessed on 7 August 2025).
8. Zimet, G. D., Powell, S. S., Farley, G. K., Werkman, S., & Berkoff, K. A. (1990). Psychometric characteristics of the multidimensional scale of perceived social support. *Journal of Personality Assessment*, *55*(3-4), 610-617. https://doi.org/10.1080/00223891.1990.9674095
9. Eker, D., & Arkar, H. (1995). Perceived social support: psychometric properties of the MSPSS in normal and pathological groups in a developing country. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 30, 121-126.
10. Goes, M., Lopes, M. J., Oliveira, H., Fonseca, C., & Marôco, J. (2020). A nursing care intervention model for elderly people to ascertain general profiles of functionality and self care needs. *Scientific Reports*, 10(1), 1770. https://doi.org/10.1038/s41598-020-58596-1
11. Istek, N., & Karakurt, P. (2018). A global health problem: type 2 diabetes and self-care management. *JAREN*, 4(3), 179-182. https://doi.org/10.5222/jaren.2018.63634

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

TİP 2 DİYABETLİ YAŞLI BİREYLERDE ÖZ BAKIM VE İLİŞKİLİ FAKTÖRLER

Doç. Dr., Merve KOLCU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Hemşirelik Fakültesi,
merve.kolcu@sbu.edu.tr - 0000-0002-8187-4767

Prof. Dr., Selda ÇELİK
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Hemşirelik Fakültesi,
selda.celik@sbu.edu.tr - 0000-0003-4328-3189

ÖZET

Diyabetin etkin yönetimi, bireyin kendi bakım sorumluluğunu üstlenmesi ve günlük yaşamında öz bakım davranışlarını sürdürebilmesi ile yakından ilişkilidir. Ancak yaşlı bireylerde öz bakım düzeyini etkileyen yaş, eğitim durumu gibi çeşitli bireysel ve çevresel faktörler bulunmaktadır. Bu nedenle, tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin öz bakım düzeylerinin belirlenmesi ve bu düzeyle ilişkili faktörlerin ortaya konulması, diyabet yönetiminde etkili ve bireyselleştirilmiş bakım planlarının oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Bu araştırmada tip 2 diyabetli yaşlı bireylerde öz bakım ve ilişkili faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tanımlayıcı tipte olan bu araştırma Ağustos-Kasım 2024 tarihleri arasında bir diyabet polikliniğine başvuran 310 tip 2 diyabet hastası ile yürütülmüştür. Verilerin toplanmasında; kişisel tanıtım formu ve Diyabet Öz-Bakım Ölçeği kullanılmıştır. Tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin %82,9'unun 65-74 yaş aralığında, %40,6'sının ilköğretim mezunu olduğu ve %64,2'sinin de ekonomik durumlarının orta düzeyde olduğu bulunmuştur. Diyabet tanı süresinin 15 yıl ve altında olanların, 16 yıl ve üzeri olanlara göre, diyabet tedavi şekilleri OAD olanların yalnızca insülin olanlara göre ve diyabete bağlı komplikasyon gelişmeyenlerin gelişen yaşlı bireylere göre Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puanlarının istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Araştırma bulguları, tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin öz bakım düzeylerinin bireysel ve hastalığa ilişkin bazı faktörlerden anlamlı düzeyde etkilendiğini ortaya koymuştur. Bu durum, yaşlı bireylerin diyabet yönetiminde öz bakım kapasitelerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Diyabetli yaşlı bireylerin öz bakım düzeylerini artırmaya yönelik olarak; bireysel gereksinimlere uygun eğitim programlarının geliştirilmesi, günlük yaşam aktivitelerini destekleyen bakım hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve yaşlı bireylerin sağlık okuryazarlığını artıracak müdahalelerin planlanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diyabet, Öz-bakım, Tip 2 Diyabet

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SELF-CARE AND ASSOCIATED FACTORS IN ELDERLY INDIVIDUALS WITH TYPE 2 DIABETES

Associate Prof., Merve KOLCU
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing
merve.kolcu@sbu.edu.tr – ORCID: 0000-0002-8187-4767

Professor Dr., Selda CELIK
University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing
selda.celik@sbu.edu.tr – ORCID: 0000-0003-4328-3189

ABSTRACT
Effective management of diabetes is closely associated with the individual's ability to take responsibility for their own care and to sustain self-care behaviors in daily life. However, in older adults, various individual and environmental factors such as age and educational status affect the level of self-care. Therefore, determining the self-care levels of elderly individuals with type 2 diabetes and identifying the factors associated with these levels are important for developing effective and individualized care plans in diabetes management. This descriptive study aimed to determine self-care and related factors in elderly individuals with type 2 diabetes. The research was conducted with 310 type 2 diabetes patients who applied to a diabetes outpatient clinic between August and November 2024. Data was collected using a personal information form and the Diabetes Self-Care Scale. It was found that 82.9% of the participants were in the 65–74 age group, 40.6% were primary school graduates, and 64.2% reported having a moderate economic status. The total scores of the Diabetes Self-Care Scale were statistically significantly higher among those with a diabetes diagnosis duration of 15 years or less compared to those with 16 years or more, among those whose treatment was oral antidiabetic drugs (OAD) compared to those on insulin only, and among elderly individuals without diabetes-related complications compared to those with complications ($p<0.05$). The findings of the study revealed that the self-care levels of elderly individuals with type 2 diabetes were significantly affected by certain individual and disease-related factors. This indicates that the self-care capacity of elderly individuals should be taken into consideration in diabetes management. To enhance the self-care levels of elderly individuals with diabetes, it is recommended to develop educational programs tailored to individual needs, expand care services that support daily living activities, and plan interventions to improve health literacy among older adults.

Keywords: Diabetes, Self-Care, Type 2 Diabetes

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye'de ortalama yaşam süresinin uzamasıyla birlikte yaşlı nüfusun oranı artmakta; buna paralel olarak tip 2 diyabet hem görülme sıklığı hem de klinik yükü bakımından giderek daha görünür hâle gelmektedir (1,2). Yaşlılık döneminde fizyolojik rezervlerin azalması, çoklu kronik hastalıkların ve polifarmasinin yaygınlığı, bilişsel ve duyusal işlevlerdeki değişimler; diyabetin yönetimini genç erişkinlerden farklılaştıran temel unsurlardır. Bu özgün tablo, yalnızca glisemik hedeflere ulaşmayı değil, aynı zamanda düşmeler, hipoglisemi, malnütrisyon ve fonksiyonel bağımlılık gibi yaşlıya özgü sonuçları da doğrudan etkileyen öz bakım davranışlarının önemini artırmaktadır (3).

Öz bakım; bireyin hastalığıyla ilgili bilgi ve becerilerini kullanarak günlük yaşamında kanıta dayalı kararlar alması, tedaviye uyum göstermesi ve riskleri yönetmesi sürecidir. Diyabette öz bakım; dengeli beslenme, düzenli fiziksel aktivite, kan şekeri izlemi, ilaç/insülin kullanımına uyum, ayak bakımı, hipoglisemi/hiperglisemi belirtilerini tanıma ve uygun tepki verme, sağlık kontrollerini sürdürme gibi çok boyutlu davranışları kapsar. Yaşlı bireylerde bu davranışların sürdürülebilirliği; bilişsel durum, görme-işitme yeterliliği, el becerisi ve hareketlilik gibi bireysel kapasite belirleyicilerinin yanı sıra sosyal destek, bakım veren varlığı, ekonomik durum, sağlık okuryazarlığı ve sağlık hizmetlerine erişim gibi çevresel ve bağlamsal etmenlerden güçlü biçimde etkilenir (4-6).

Tip 2 diyabetli yaşlılarda öz bakımın güçlenmesi, yalnızca HbA1c ve açlık-tokluk glisemisi gibi biyokimyasal göstergelerde iyileşme sağlamakla kalmaz; aynı zamanda akut alevlenmelerin, gereksiz acil başvuruların ve hastaneye yatışların azalmasına, düşme ve ayak ülseri gibi komplikasyonların önlenmesine ve genel yaşam kalitesinin artmasına katkıda bulunur. Buna karşın, ileri yaşta depresif belirtiler, yalnız yaşama, ekonomik kısıtlılıklar, karmaşık tedavi rejimleri ve eğitim gereksinimlerinin yeterince karşılanmaması gibi engeller, öz bakım davranışlarının sürekliliğini zayıflatabilmektedir. Özellikle çoklu ilaç kullanımının (polifarmasi) getirdiği yük, doz-saat uyumunu güçleştirerek hipoglisemi ve hiperglisemi riskini artırmakta; görme ve el becerisi sorunları, kan şekeri ölçümü ve insülin uygulamasında hatalara yol açabilmektedir. Ayrıca sağlık okuryazarlığının düşük olması; beslenme etiketlerini yorumlama, karbonhidrat sayımı yapma ya da farmakolojik olmayan müdahalelerin değerini kavrama gibi kritik alanlarda yetersizlik doğurabilir (5,6).

Sağlık sistemi düzeyinde, takip randevularının süre ve içerik bakımından öz bakım eğitimini destekleyecek şekilde yapılandırılması; birinci basamak uzmanlık hizmetleri arasındaki koordinasyon, hemşirelik, diyetetik, fizyoterapi ve sosyal hizmet disiplinlerinin bütüncül yaklaşımı; tele-sağlık ve uzaktan izlem araçlarının erişilebilirliği, yaşlı diyabetlilerde öz bakımın sürdürülmesinde belirleyici faktörlerdir. Aile ve bakım verenlerin sürece aktif katılımı da özellikle bilişsel etkilenimi olan bireylerde tedavi hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırır (7).

Mevcut literatür, tip 2 diyabetli yaşlılarda öz bakım düzeylerinin heterojen olduğunu; eğitim düzeyi, hastalık süresi, komorbidite yükü, depresif semptomlar, düşme korkusu, sosyal destek ve sağlık okuryazarlığının öz bakım davranışlarıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (1,3,4). Bununla birlikte, yerel bağlamı dikkate alan, kültürel ve sosyoekonomik farklılıkları içeren güncel verilerin sınırlı olduğu; özellikle yaşa özgü engellerin hangi mekanizmalarla öz bakımı zayıflattığı ve hangi müdahale bileşenlerinin daha etkili olduğu konularında açıklığa ihtiyaç bulunduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışma, tip 2 diyabet tanılı yaşlı bireylerde öz bakım düzeyini tanımlamayı ve öz bakımla ilişkili bireysel, klinik ve çevresel faktörleri incelemeyi amaçlamıştır. Elde edilecek bulguların, yaşlı diyabetliler için hedeflenmiş eğitim programlarının tasarlanmasına, bakım planlarının kişiselleştirilmesine ve birinci basamak odaklı, ekip temelli izlem modellerinin güçlendirilmesine katkı sunacağı öngörülmektedir.

Bu çerçevede araştırmanın soruları özetle şunlardır:

(1) Tip 2 diyabetli yaşlı bireylerin tanıtıcı ve hastalık ile ilgili özellikleri nelerdir?

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

(2) Bireylerin öz bakım düzeyi ve HbA1C düzeyi nedir?
(2) Öz bakım davranışları hangi bireysel ve hastalıkla ilgili değişkenlerle ilişkilidir?

Bu sorulara verilecek yanıtların, yaşlı nüfusta diyabet yönetimine ilişkin uygulama ve politika düzeyindeki karar süreçlerini desteklemesi beklenmektedir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Tanımlayıcı tipte olan bu araştırmanın verileri Ağustos-Kasım 2024 tarihleri arasında, diyabet polikliniğine başvuran tip 2 diyabetli yaşlı hastalardan toplanmıştır. Minimum örneklem sayısı %95 güven aralığında ±%5 örnekleme hatası ile 310 olarak hesaplanmıştır.

Araştırmaya dâhil edilme kriterleri; a) araştırmaya katılmaya gönüllü 65 yaş ve üzeri olmak, b) en az altı aydır tip 2 diyabet tanısı ile izlenmek, c) orta ve ileri evre demansı olmamak ve d) sözel iletişim kurabilmek olarak belirlenmiştir.

Veriler, araştırmacılar tarafından, uygun tüm önlemler alınarak (hastanın mahremiyeti, güvenlik önlemleri gibi) çalışmaya katılmayı kabul eden hastalar ile yüz yüze görüşme yöntemi kullanılarak diyabet polikliniğinde ait ayrı bir odada toplanmıştır.

Araştırmanın verilerinin toplanmasında Tanıtıcı Bilgi Formu ve Diyabet Öz-Bakım Ölçeği kullanılmıştır.

Tanıtıcı Bilgi Formu: Araştırmacılar tarafından hazırlanan bu form iki bölümden oluşmuştur (1,3,8). Birinci bölümde, yaşlı bireylerin bireysel özelliklerinden oluşan (yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu, gelir durumu) 5 soru, ikinci bölümde ise hastalık özelliklerini (diyabet tanı süresi, diyabet tedavi şekli, diyetine dikkat etme, düzenli diyabet kontrolü vb.) belirlemeye yönelik 5 soru olmak üzere toplam 10 soru yer almıştır. Hastaların HbA1C değerleri hasta dosyalarından elde edilmiştir.

Diyabet Öz Bakım Ölçeği; tip 2 diyabetli hastaların öz bakım aktivitelerini ölçmek amacıyla Lee ve Fisher tarafından (2005) geliştirilmiştir (9). Karakurt ve Kaşıkçı (2008) tarafından Türkçe'ye uyarlanmıştır. Diyabet Öz Bakım Ölçeği likert tipi bir ölçek olup, 35 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin alt boyutları ve ters ifadeleri bulunmamaktadır. Kabul edilebilir minimum puanı 92 puan, maksimum puanı ise 140 puan olarak kabul edilmiştir. Ölçeğin puanı artıkça hastaların öz-bakım aktiviteleri de artmaktadır. Lee ve Fisher tarafından geliştirilen ölçeğin Cronbach's Alpha güvenilirlik kat sayısı 0.80'dir (5).

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler, tek yönlü ANOVA ve Student t testleri kullanılmıştır. Sonuçlar %95 güven aralığında değerlendirilmiş ve anlamlılık $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Araştırma etik kurul onayı ve hastane izni alınarak Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür. Araştırmacılar tarafından, araştırmaya dahil edilen tüm katılımcılara araştırmanın amacı ve prosedürü sözel olarak anlatılmıştır. Her gönüllüden yazılı bilgilendirilmiş onay alındıktan sonra veri toplama işlemi tamamlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yaşlı bireylerin %82,9'unun 65-74 yaş aralığında, %55,2'sinin kadın, %60,0'ının evli, %40,6'sının ilköğretim mezunu ve %64,2'sinin de geliri giderine denktir (Çizelge 1).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 1. Tip 2 Diyabetli Yaşlı Bireylerin Tanımlayıcı Özelliklerinin Dağılımı (n= 310)

Özellikler	**n**	**%**
Yaş (yıl)		
65-74	257	82,9
≥75	53	17,1
Cinsiyet		
Kadın	171	55,2
Erkek	139	44,8
Medeni durum		
Evli	186	60,0
Bekar	124	40,0
Eğitim		
Okur yazar	116	37,4
İlköğretim	126	40,6
Ortaöğretim	33	10,6
Üniversite ve lisansüstü	35	11,3
Gelir durumu		
Gelir giderden fazla	13	4,2
Gelir gidere denk	199	64,2
Gelir giderden kötü	98	31,6

Örneklemde kadın oranının %55,2 olması ve katılımcıların %60,0'ının evli olması da öz bakım davranışlarını etkileyen sosyal dinamiklerin önemini vurgular. Literatürde kadınların diyabet sağlığıyla ilgili bilgi arama, beslenme ve ilaç kullanımı gibi bazı öz bakım bileşenlerinde daha dikkatli olabildikleri, ancak aynı zamanda depresyon ve yoksunluk gibi risklerin de daha sık görülebildiği bildirilmiştir; bu çerçevede cinsiyete göre ayrışan müdahalelerin düşünülmesi yerinde olur. Evli olmanın yüksek oranda gözlenmesi ise sosyal destek açısından olumlu bir özellik olarak değerlendirilebilir; eş desteği, ilaç uyumu ve randevu takibi gibi davranışları kolaylaştırabilir. Ancak eşin sağlık durumu veya bakım veren olarak yetersizliği ters etki yaratabilir. Bu yüzden sosyal destek niteliğinin (varlık vs. işlevsellik) ölçülmesi önem taşır (7,8).

Eğitim ve ekonomik duruma ilişkin bulgular, sağlık okuryazarlığı ve hizmetlere erişim açısından önemli sonuçlar doğurur. Düşük eğitim düzeyi, diyabet öz bakım eğitiminin anlaşılmasını ve karmaşık tedavi rejimlerinin uygulanmasını güçleştirebilir; bu nedenle eğitim materyallerinin basit, görsel ağırlıklı ve uygulamaya dönük hazırlanması gereklidir. Gelirinin giderine denk olduğunu belirten katılımcıların yüksek oranı, temel ihtiyaçların karşılandığını düşündürse de sağlık harcamalarına ayrılacak esnek bütçe ve ilaç/cihaz erişimi açısından kırılganlıklar olabilir. Bu nedenle öz bakım destek programları planlanırken maliyet-etkin, düşük maliyetli takip yöntemleri ve toplumsal kaynakların entegrasyonu önem kazanır (3,9).

Yaşlı tip 2 diyabetli bireylerin diyabete ilişkin özelliklerinin dağılımı incelendiğinde; %59,0'unun ortalama diyabet tanı süresinin 16 yıl ve üzeri, %53,9'unun diyabet tedavi şeklinin OAD ve insülin olduğu, %52,6'sının diyetine kısmen dikkat ettiği, %51,6'sının düzenli diyabet kontrolünün olmadığı, %46,1'inin günlük yaşam aktivitelerini bazen yerine getirebildiği saptanmıştır. Araştırmaya katılan yaşlı bireylerin HbA1C ortalama değeri %9,02±0,83 olarak hesaplanmıştır. Yaşlı tip 2 diyabetli bireylerin Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puanı 102,38±5,05'dir (Çizelge 2).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 2. Tip 2 Diyabetli Yaşlı Bireylerin Diyabet ile ilgili Özelliklerinin Dağılımı (n= 310)

Özellikler	**n**	**%**
Diyabet tanı süresi (yıl)		
≤15	127	41,0
≥16	183	59,0
Diyabet tedavi şekli		
OAD	9	2,9
OAD ve insülin	167	53,9
İnsülin	134	43,2
Diyetine dikkat etme		
Evet	29	9,4
Kısmen	163	52,6
Hayır	118	38,1
Düzenli diyabet kontrolü		
Evet	21	6,8
Hayır	160	51,6
Kısmen	129	41,6
Günlük yaşam aktivitelerini yerine getirebilme		
Evet	87	28,1
Hayır	80	25,8
Bazen	143	46,1
	Min-Maks.	**Ort.±SS**
HbA1C %	7-12	9,02±0,83
Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puan	92-116	102,38±5,05
OAD= Oral antidiyabetik; Ort.= ortalama; SS= standard sapma; Min-Maks.= Minimum-Maksimum		

Araştırmada yaşlı tip 2 diyabetli bireylerin büyük bir bölümünde uzun süreli diyabet öyküsü ve kombine tedavi rejimlerinin yaygınlığı saptanmıştır. Uzun tanı süresi ve insüline geçiş eğilimi, hastalığın ilerlemesine ve beta hücre rezervinin azalmasına işaret eder; bu durumun, metabolik kontrolün sağlanmasını zorlaştırdığı ve komplikasyon riskini artırdığı bilinmektedir. Bu klinik profil, HbA1c ortalamasının %9,02±0,83 gibi yüksek bir düzeyde bulunmasıyla uyumlu olup, örneklemde genel glisemik kontrolün yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu düzey, akut ve kronik komplikasyon riskinin arttığını düşündürür ve hedef odaklı, yoğunlaştırılmış izlem gerektirdiğini ortaya koyar (7,8).

Katılımcıların yarıdan fazlasının diyetine yalnızca kısmen dikkat etmesi ve %51,6'sının düzenli diyabet kontrollerine devam etmemesi, günlük glisemik kontrolün zayıf olmasının muhtemel açıklayıcılarıdır (4,5). Öz bakım uygulamalarının eksikliği, özellikle günlük yaşam aktivitelerini yalnızca "bazen" yerine getirebildiklerini belirten %46,1'lik grubun fonksiyonel kısıtlılıklarıyla ilişkilendirilebilir; el becerisi, mobilite veya görme sorunları kan şekerinin izlenmesi, insülin uygulaması ve ayak bakımını olumsuz etkileyebilir.

Yaşlı tip 2 diyabetli bireylerin bazı tanımlayıcı ve diyabete ilişkin özelliklerine göre Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puanının karşılaştırılması Çizelge 3'de verilmiştir. Diyabet tanı süresinin 15 yıl ve altında olanların, 16 yıl ve üzeri olanlara göre, diyabet tedavi şekilleri OAD olanların yalnızca insülin olanlara göre ve diyabete bağlı komplikasyon gelişmeyenlerin gelişen yaşlı bireylere göre Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puanlarının istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 3).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 3. Tip 2 Diyabetli Yaşlı Bireylerin Tanımlayıcı ve Hastalıkla ilgili Bazı Özellikleri ile Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puanları arasındaki ilişki

Özellikler	Diyabet Öz Bakım Ölçeği toplam puanı	
	Ort.±SS.	İstatistiksel analiz
Yaş (yıl)		
65-74	102,56±5,07	t: 1,416
≥75	101,49±4,87	p: 0,158
Cinsiyet		
Kadın	102,59±5,41	t: 0,822
Erkek	102,12±4,56	p: 0,412
Eğitim		
İlkokul	102,64±5,75	F: 1,059
Ortaokul	102,61±4,84	p: 0,367
Lise	102,01±4,26	
Üniversite	101,05±3,75	
Gelir durumu		
Gelir giderden fazla	102,15±4,41	F: 0,140
Gelir gidere denk	102,49±5,17	p: 0,869
Gelir giderden kötü	102,18±4,91	
Diyabet tanı süresi (yıl)		
≤15	102,96±4,72	**t: -2,461**
≥16	101,54±5,39	**p: 0,014**
Diyabet tedavi şekli		
OAD	107,55±9,28	**F: 4,990**
OAD ve insülin	102,25±4,69	**p: 0,007**
İnsülin	102,19±4,96	
Diyabete bağlı kronik komplikasyon		
Evet	101,24±4,50	**t: 3,036**
Hayır	103,03±5,23	**p: 0,003**
Diyetine dikkat etme		
Evet	101,10±5,46	F: 1,934
Kısmen	102,85±4,92	p: 0,146
Hayır	102,04±5,08	
Düzenli diyabet kontrolü		
Evet	103,80±4,72	F: 0,907
Hayır	102,31±4,85	p: 0,405
Kısmen	102,23±5,33	
Günlük yaşam aktivitelerini yerine getirebilme		
Evet	103,81±4,75	**F: 9,881**
Hayır	101,06±4,79	**p: 0,000**
Bazen	103,24±5,22	
F= One Way ANOVA; t= Independent t-test		

Çizelge 3'te elde edilen bulgular, diyabet öz bakım uygulamalarının hastalığın seyrine ve tedavi gereksinimine göre anlamlı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Daha kısa tanı süresi ile daha iyi öz bakım puanları arasındaki ilişki, hastalığın erken döneminde bireylerin motivasyonunun ve eğitim/rehabilitasyon girişimlerine yanıtının daha güçlü olabileceğini düşündürür. Yeni tanı alan bireylerde hastalığın yönetimine ilişkin bilgi taze, komplikasyon yükü ve tedavi karmaşıklığı daha düşük olma eğiliminde olduğundan, öz bakım davranışlarının sürdürülmesi görece daha kolay olabilir. Buna karşılık uzun süreli diyabet vakalarında

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

yıpranma, tedavi tükenmesi, komplikasyonların varlığı ve çoklu ilaç kullanımı gibi etmenler motivasyonu ve uygulama kapasitesini azaltabilir (7,8).

OAD kullananların insülin kullananlara kıyasla daha yüksek öz bakım puanlarına sahip olması birkaç mekanizma ile açıklanabilir. İnsülin tedavisi genellikle hastalığın daha ilerlemiş olmasına işaret eder; insülin uygulama gerekliliği, hipoglisemi korkusu, enjeksiyon tekniği gereksinimi ve glukoz takibinin daha sık yapılmasını zorunlu kılar. Bu ek yük, özellikle görme, el becerisi veya bilişsel kısıtlılık olan yaşlılarda öz bakım uygulamalarını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca insülin tedavisine geçen bireylerin tedavi uyumunu bozabilecek komplikasyon ve psikososyal bariyerlerle karşılaşma olasılığı daha yüksektir (9).

Komplikasyon gelişmemiş bireylerin daha yüksek öz bakım puanına sahip olması, öz bakımın komplikasyon oluşumunda koruyucu bir rolü olduğunu düşündürür; düzenli kan şekeri takibi, ayak bakımı, beslenme ve fiziksel aktivite gibi uygulamaların sürdürülebilirliği komplikasyon riskini azaltır. Öte yandan komplikasyonların varlığı, günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlanma, depresif belirtiler ve tedavi yükü artışı yoluyla öz bakım kapasitesini zayıflatabilir; bu iki yönlü ilişki kesitsel bir çalışmada nedenselliği belirlemeyi güçleştirir (8).

Bu bulguların klinik ve uygulama açısından çıkardığı sonuçlar şunlardır: uzun hastalık süresi, insülin tedavisi ve komplikasyon varlığı gibi risk faktörlerine sahip yaşlı diyabetliler, öz bakım desteği açısından önceliklendirilmeli; bu gruplara yönelik daha yoğun, kişiselleştirilmiş ve fonksiyonel kapasiteye uygun eğitim-programlar geliştirilmelidir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak, çalışmamız yaşlı tip 2 diyabetlilerde öz bakım uygulamalarının hastalığın süresi, tedavi tipi ve komplikasyon durumu ile ilişkili olduğunu ortaya koymuş; sağlık hizmetlerine yönelik, yaşa ve klinik profile duyarlı müdahalelerin geliştirilmesinin önemini vurgulamıştır. Özellikle uzun tanılı, insülin kullanan ve komplikasyon geliştirilen yaşlı bireylerde öz bakım desteğinin güçlendirilmesi, komplikasyonların azaltılması ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi açısından öncelik taşımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Azadbakht, M., Taheri, Tanjani, P., Fadayevatan, R., Foroughan, M., & Zanjari, N. (2023). The effect of a peer social support network intervention on self-management of the elderly with type 2 diabetes. *Journal of Client-Centered Nursing Care*, *9*(1), 57-68. https://doi.org/10.32598/JCCNC.9.1.472.1
2. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas 2021. 10th Edition, IDF, Brussels. http://www.diabetesatlas.org (Accessed on 28 November 2023).
3. Borhaninejad, V., Shati, M., Bhalla, D., Iranpour, A., & Fadayevatan, R. (2017). A population-based survey to determine association of perceived social support and self-efficacy with self-care among elderly with diabetes mellitus (Kerman City, Iran). *The International Journal of Aging and Human Development*, 85(4), 504-517. https://doi.org/10.1177/0091415016689474
4. Istek, N., & Karakurt, P. (2018). A global health problem: type 2 diabetes and self-care management. *JAREN*, 4(3), 179-182. https://doi.org/10.5222/jaren.2018.63634

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

5. Karakurt, P., & Kasıkcı, M. K. (2012). The effect of education given to patients with type 2 diabetes mellitus on self-care. *International Journal of Nursing Practice*, *18*(2), 170-179. https://doi.org/10.1111/j.1440-172X.2012.02013.x
6. Kong, L. N., Zhu, W. F., He, S., Yao, Y., & Yang, L. (2019). Relationships among social support, coping strategy, and depressive symptoms in older adults with diabetes. *Journal of Gerontological Nursing*, 45(4), 40-46. https://doi.org/10.3928/00989134-20190305-03
7. Prabawati, D., & Natalia, L. (2020). The effectiveness of self-care model on diabetes self-management behaviour. *Indonesian Nursing Journal of Education and Clinic*, 5(1), 1-7. http://dx.doi.org/10.24990/injec.v5i1.277
8. Şahin, D. S., Özer, Ö., & Yanardağ, M. Z. (2019). Perceived social support, quality of life and satisfaction with life in elderly people. Educational Gerontology, 45(1), 69-77. https://doi.org/10.1080/03601277.2019.1585065
9. Lee, N. P., & Fisher, W. P. (2005). Evaluation of the diabetes self-care scale. Journal of Applied Measurement. 6(4), 366-381.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

İMALAT SEKTÖRÜ ÇALIŞANLARINDA TOZ MARUZİYETİNE BAĞLI MESLEK HASTALIĞININ ANALİZİ

Zeynep BAŞAR[1]

[1]İstanbul Medeniyet Üniversitesi, zbasar@sgk.gov.tr -0000-0001-9577-0961

Prof.Dr.Mithat ZEYDAN[2]

[2]İstanbul Medeniyet Üniversitesi, mithat.zeydan@medeniyet.edu.tr- 0000-0001-9459-146X

ÖZET

Solunum yoluyla alınan inorganik toz taneciklerinin (≤ 5 µm) alveollerde birikmesiyle toza bağlı meslek hastalıkları meydana gelmektedir. Bu çalışmada veriler Sosyal Güvenlik Kurumu'ndan resmi olarak temin edilmiş olup 2012-2024 yılları arasında imalat sektöründe çalışan pnömokonyoz meslek hastalığı tanısı olan ve olmayan, 191 kişiden oluşmaktadır. Örneklemin %73,3'ü meslek hastalığı tanılı (n=140), %26,7'si tanısızdır (n=51). Çalışmanın amacı, her iki gruba ait çalışma geçmişi ve demografik verilerle tanımlayıcı istatistiki yöntemleri kullanarak pnömokonyoz meslek hastalığına etki eden faktörleri ortaya çıkarmak ve proaktif önlemlerin belirlenmesini sağlamaktır. Analizler sonucunda hastalık bildirim yaşı, orta büyüklükteki işletmeler ve çok tehlikeli işletmelerde çalışma süresi faktörlerinin meslek hastalığı üzerinde etkisi olduğu gözlenmiştir. Meslek hastası olma riski, orta ölçekli işletmelerde daha yüksek, büyük ölçekli işletmelerde nispeten daha düşük izlenmiştir. Bulgular, sektör ve işletme ölçeği odaklı önleme stratejilerini desteklemektedir. İşletmelerde meslek hastalığı riskini azaltabilmek için kaynakta kontrol, iş akışı ve vardiya düzenlemesi, tozlu işlerde maruziyet süresinin kısaltılması ve toz kaldırmayacak standart iş süreçlerinin düzenlenmesi öncelikli olarak uygulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: meslek hastalıkları, toz maruziyeti, pnömokonyoz, imalat sektörü.

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL DISEASES DUE TO DUST EXPOSURE IN MANUFACTURING SECTOR WORKERS

ABSTRACT

Occupational diseases related to dust arise when inhaled inorganic dust particles (≤ 5 µm) accumulate in the alveoli. In this study, data were officially obtained from the Social Security Institution and comprise 191 individuals working in the manufacturing sector between 2012 and 2024, both with and without a diagnosis of occupational pneumoconiosis. Of the sample, %73.3 were diagnosed with the disease (n = 140) and %26.7 had no diagnosis (n = 51). The aim is to identify factors influencing occupational pneumoconiosis—using descriptive statistical methods together with work-history and demographic data from both groups—and to inform proactive preventive measures. Analyses indicated that age at disease notification, employment in medium-sized enterprises, and length of service in enterprises classified as "very hazardous" were associated with the disease. The risk of being an occupational-disease case was higher in medium-sized enterprises and relatively lower in large-scale enterprises. The findings support prevention strategies focused on sector and enterprise scale. To reduce occupational-disease risk in workplaces, source control, adjustments to workflow and shift schedules, shortening

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

exposure time in dusty tasks, and standardizing work processes that do not generate airborne dust should be prioritized.

Keywords: Occupational diseases, dust exposure, pneumoconiosis, manufacturing sector.

1.GİRİŞ

Toz maruziyeti madencilik ve imalat öncelikli olmak üzere bir çok sektörde önemli bir sorundur; başta pnömokonyoz, silikozis, asbestoz ve siderozis gibi solunum yolu hastalıkları olmak üzere çeşitli meslek hastalıklarına neden olmaktadır. Solunabilir tozların akciğerlerde birikmesiyle hastalık meydana gelmektedir. Çalışılan ortamdaki tozun fiziksel, kimyasal yapısı, yoğunluğu, maruziyet süresi ve kişilerin bireysel özellikleriyle koruyucu önlemlerin etkinliği solunum yolu hastalıklarının gelişiminde önemlidir (Liu, Sun, Hu, W.-J. and Liang-Ying, 2024:2-3). Retrospektif kohort araştırmalarında, pnömokonyoz ve silikozis gibi hastalıkların tanı yaşları, maruziyet süreleri ve mesleki dağılımları gibi değişkenler detaylı olarak incelenmiştir (Liu, Sun, Hu, W.-J. and Liang-Ying, 2024:2-3). Güney Afrika'daki altın madenlerinde 520 işçi arasında yapılan kesitsel çalışmada silikozis hastalığının prevalansı %18,3 ile %19,9 arasında tespit edilmiştir (ILO, 2024: 23). Yapılan çalışmalarda, kırma-eleme, taşlama ve paketleme gibi proseslerde solunabilir kristalin silika düzeylerinin yasal sınırların üzerinde olduğu gözlemlenmiştir (Gbondo, Zhao, Pham and Rumchev, 2024:3-4; WorkSafe Australia, 2024:5). Meslek hastalıklarının ortaya çıkmasında eğitim düzeyi, koruyucu donanıma erişim ve iş sağlığı politikaları gibi sosyal belirleyicilerinde önemi büyüktür (Cunningham, Schulte, Jacklitsch, and Burnett, 2017:4-5). KOBİ ölçeğinde işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği altyapısının zayıf olması, bu işletmelerde çalışanların risklerini artırmaktadır (Cunningham, Schulte, Jacklitsch, and Burnett, 2017:2 Zhang, 2025:3-4). Toz kontrolünde, mühendislik önlemlerinden hava izleme sistemlerinin kurulmasına çok katmanlı önleyici stratejilerin zorunlu hale getirilmesi artık ulusal politika belgelerinde önerilmektedir (WorkSafe Australia, 2024:37). Mesleki solunum yolu hastalıklarına neden olan risk faktörlerinin belirlenmesi için bilimsel bir zemin oluşturmak, sorunun tarafları olan işçi, işveren, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarıyla politika yapıcılara proaktif önlemleri almada yardımcı olacaktır.

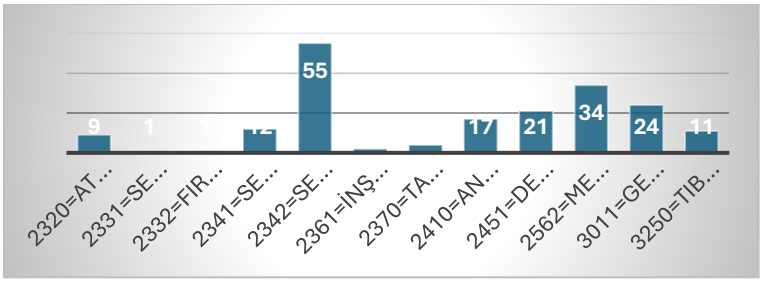
2. UYGULAMALAR

Pnömokonyoz tanılı ve tanısız 191 çalışanın verilerine dayanarak tanımlayıcı istatistik ve Binary Lojistik Regresyon analizi yapılmıştır. Bu veri setinde bulunan 140 kişi pnömokonyoz meslek hastası tanısı almışken 51 kişi meslek hastalığı şüphesi ile Sosyal Güvenlik Kurumuna başvuru yapıp pnömokonyoz meslek hastası olmadığı tespiti yapılmış çalışanlardan oluşmuştur. Bu iki grup modelin bağımlı değişkenini oluştururken; ilk işe giriş yaşı, tehlike sınıflarına göre (Tehlike Sınıfı1-2-3 POGS (Prim Ödeme Gün Sayısı)) çalışma süresi, hastalık bildirim yaşı, Nace koduna göre sektörel dağılım, il kodları ve işletme büyüklüğü gibi özellikler bağımsız değişkenler olarak kullanıldı (Liu, Fang, Xie, Zheng, Li, and Liu, 2024:4-5). Çalışmada veriler SQL sorgulama dili ile öncelikli olarak veri ön işlemeye tabi tutuldu. Kategorik veriler sayısal formata dönüştürüldü ve ardından IBM SPSS Statistics 25 ile tanımlayıcı istatistiklerle binary lojistik regresyon analizi yapılarak veriler arasındaki ilişkiler belirlendi. Tanımlayıcı istatistiklerle verilere ait bilgiler elde edildikten sonra binary lojistik regresyonla modelleme sürecine geçilmiştir (Wang, Ye, Chen, and Li, 2023:4). Çalışmaya imalat sektöründe, pnömokonyoz meslek hastalığı tanısı olan ve olmayan toplam 191 kişi dâhil edilmiştir. Katılımcıların sektörel dağılımı NACE kodlarına, coğrafi dağılım il plakalarına, işletme yapısı ise işletme büyüklüğüne göre sınıflandırılmıştır. 191 kişilik örneklemin sektörel en büyük payını 2342 Nace koduyla seramik sıhhi ürünler imalatı oluşturmuştur n=55; %28,8 oran. Bunu

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

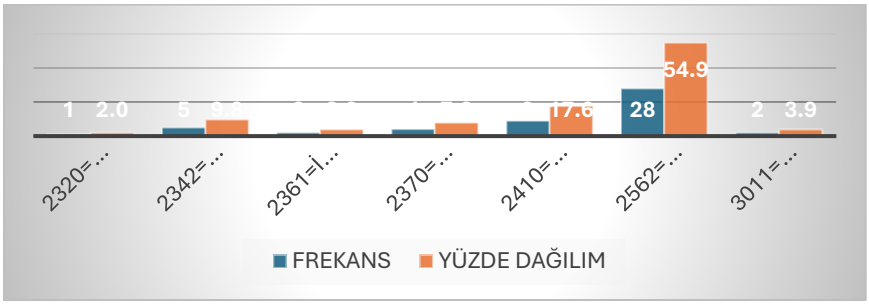
2562 Nace kodlu metallerin makinede işlenmesi ve şekil verilmesi n=34; %17,8 oran ve 3011 Nace koduyla gemilerin ve yüzen yapıların inşası n=24; %12,6 oranıyla izlemiştir. Diğer öne çıkan kollar 2451 Nace koduyla demir döküm n=21; %11,0 oranı ve 2410 koduyla ana demir-çelik ürünleri/ferro alaşımlar n=17; %8,9 oranı olmuştur. 2341 Nace kodlu seramik ev ve süs eşyaları n=12; %6,3 oranı ile 3250 Nace kodlu tıbbi ve dişçilikle ilgili araç-gereç imalatı; n=11; %5,8 oranı ile daha küçük paylara sahiptir. Nispeten düşük temsil edilen alanlar 2320 Nace kodlu ateşe dayanıklı (refrakter) ürünler n=9; %4,7, 2370 Nace kodlu taş-mermerin kesilmesi/bitirilmesi n=4; %2,1 oranı ile, 2361 Nace kodlu inşaat amaçlı beton ürünleri n=2; %1,0 oran ve 2331 Nace kodlu seramik karo n=1; %0,5 oran ile 2332 Nace kodlu fırınlanmış kil ürünleri n=1; %0,5 oran ile gözlenmiştir (**Şekil.1**).

Şekil.1 İmalat Sektörü Nace Kodu Dağılımı (Kaynak: Yazarın kendi çalışması.)



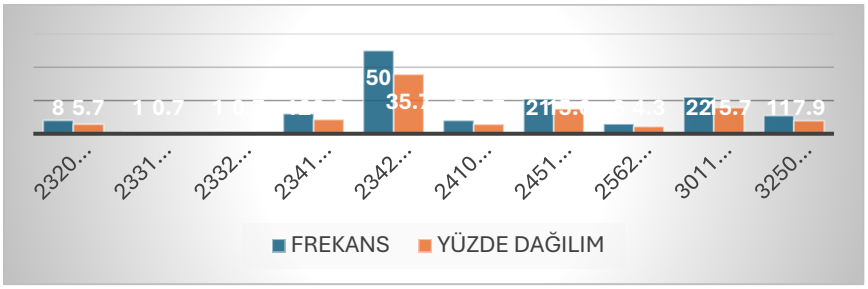
Toplamda, seramik/taş-toprak grupları %43,9, metal/dökümle ilişkili kollar %37,7'lik birikimli paya ulaşarak pnömokonyoz açısından toz maruziyetinin yoğun olduğu alanlarda kümelenmeyi işaret etmektedir. Pnömokonyoz tanısı olmayan grupta en büyük pay Metallerin makinede işlenmesi ve şekil verilmesi 2562, n=28; %54,9 oran olup bunu ana demir-çelik/ferro alaşımlar 2410, n=9; %17,6 ve seramik sıhhi ürünler 2342, n=5; %9,8 oranıyla izlemiştir (Şekil.3). Pnömokonyoz tanılı grupta ise tablo belirgin biçimde seramik-döküm-gemi inşası şeklinde değişmiştir, seramik sıhhi ürünler 2342 Nace kod, n=50, %35,7 oran ile birinci sırada yer alırken ardından gemi inşası 3011 Nace kod, n=22; %15,7 oran ve 2451 Nace kod, n=21; %15,0 oran ile demir döküm sektörleri gelmektedir. Seramik ev/süs eşyaları 2341 Nace kod, n=12, %8,6 oran, 3250 Nace kod, tıbbi-dişçilik araç gereçleri n=11; %7,9 oran, 2320 Nace kod, refrakter ürünler ve ana demir-çelik her biri 2410 Nace kod, n=8, %5,7, 2562 Nace kodu ile metallerin işlenmesi n=6; %4,3 oranıyla pay almıştır. Genel toplam olarak bakıldığında, meslek hastalığı tanılı grubun %45,7'si seramik/taş-toprakla ilişkili kollar içinde yer alırken, meslek hastalığı tanısı olmayan grupta bu pay %21,6'da kalmıştır; buna karşılık meslek hastalığı tanısı olmayan metal-işleme/ana demir-çelik kollarında çalışanların toplam oranı %72,5 iken meslek hastalığı tanılı grupta ise bu oran %25,0 şeklinde gerçekleşmiştir.

Şekil.2 Meslek Hastası olmayan Çalışanların Nace Koduna Göre Dağılımı (Kaynak**:** Yazarın kendi çalışması.)



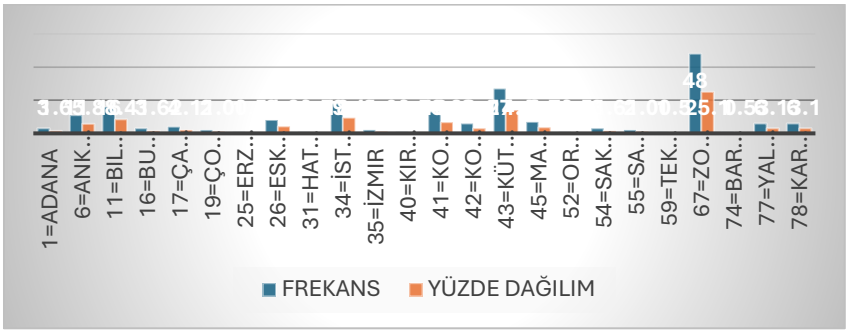
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Şekil.3 Meslek Hastası olan Çalışanların Nace Koduna Göre Dağılımı (Kaynak**:** Yazarın kendi çalışması.)



Örneklem grubu Şekil.4 görüldüğü üzere 24 ilden oluşmuştur. En yüksek çalışan sayısı Zonguldak'ta n=48; %25,1 oranla, ardından Kütahya n=27; %14,1, İstanbul n=18; %9,4, Bilecik n=16; %8,4 ve Kocaeli n=13; %6,8 oranı ile temsil edilmektedir. Bu ilk beş il, örneklemin %63,8'ini oluşturmaktadır. Ankara'da n=11; %5,8 oranla belirgin katkı sağlamıştır. Diğer iller her biri daha küçük paylarla; Eskişehir n=8; %4,2, Manisa n=7; %3,7, Konya, Yalova ve Karabük her biri n=6; %3,1, Çanakkale n=4, %2,1; Bursa, Sakarya ve Adana her biri n=3; %1,6, Çorum ve Samsun her biri n=2; %1,0, Erzurum, Hatay, Kırşehir, Ordu, Tekirdağ ve Bartın her biri n=1; %0,5 oran şeklinde dağılmıştır. Bu dağılım, ağır sanayi ve seramik kümelenmesinin güçlü olduğu bölgelerden katılımın yoğunlaştığını düşündürmektedir.

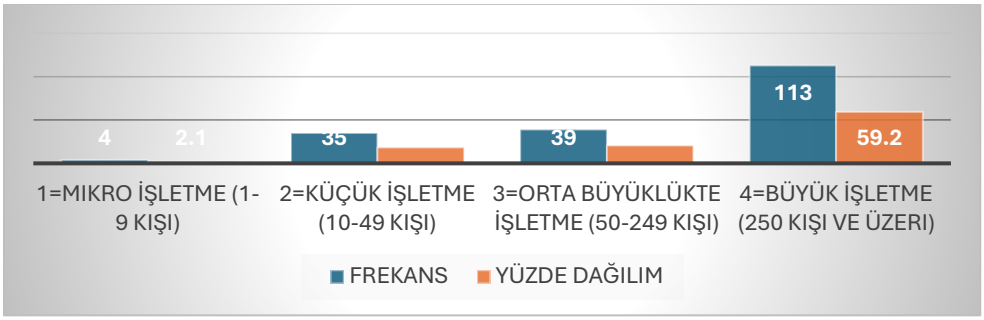
Şekil.4 İl Plaka Kodlarına Göre Dağılım (Kaynak**:** Yazarın kendi çalışması.)



Meslek hastası olmayan sağlıklı çalışanların Zonguldak'ta ve büyük işletmelerde yoğunlaştığı görülmüştür n=40, %78,4; İstanbul, Kocaeli ve Karabük her biri n: 2, %3,92, Bilecik, Manisa, Samsun, Bartın ve Yalova'nın her biri n:1, %1,96 oran olmak üzere katkıları sınırlı kalmıştır. Meslek hastalığı tanısı almış çalışanların seramik-metal sanayi işletmelerinde kümelendiği ve Kütahya n=27, %19,29, İstanbul n=16, %11,43, Bilecik n=15, %10,71, Ankara ve Kocaeli'nin her biri n=11, %7,86, Zonguldak ve Eskişehir'in her biri n=8, %5,71 oranla coğrafi dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Meslek hastalığı tanısı almış grubun yaklaşık üçte birini n: 42, %30,0 oranı ile Kütahya ve Bilecik illeri oluşturmuştur. 191 kişiden oluşan çalışma grubunun %59,2'si (n=113) büyük işletmelerde (≥250 çalışan), %20,4'ü (n=39) orta ölçekli (50–249 çalışan), %18,3'ü (n=35) küçük ölçekli (10–49 çalışan) ve %2,1'i (n=4) mikro işletmelerde (1–9 çalışan) çalışmaktadır. Dolayısıyla örneklemin %79,6'sı büyük-orta ölçekli yapılarda istihdam edilmektedir (Şekil 5).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

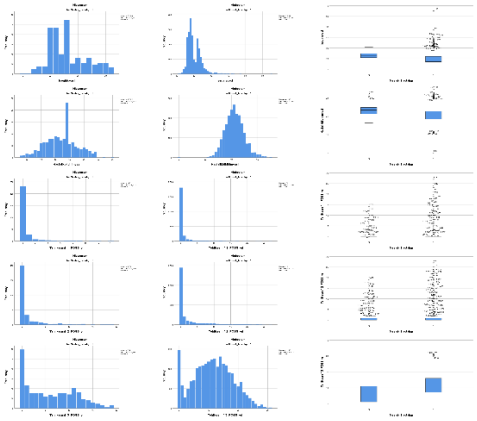
Şekil.5 İşletme Büyüklüğüne Göre Frekans Dağılımı, (Kaynak**:** Yazarın kendi çalışması.)



Bu profilde pnömokonyoz tanısı olmayan grupta çalışanların n=40, %78,4'ü büyük işletmelerde, n=10, %19,6'sı küçük işletmelerde, n=1, %2,0'ı orta ölçekli işletmelerde yer aldı; mikro işletmede tanı almamış, sağlıklı çalışan görülmedi. Meslek hastalığı tanılı grupta ise dağılım n=73, %52,1 büyük işletmelerde, n=38, %27,1 orta ölçekli işletmeler, n=25, %17,9 küçük ölçekli ve n=4, %2,9 mikro ölçekli işletmeler olmak üzere daha heterojendi. Özet olarak, meslek hastası grubunda her 2 hastadan 1'i büyük işletmelerde (%52) her 4 hastadan 1'i orta büyüklükte işletmelerde (%27) yer aldı, meslek hastası olmayanlarda ise 4 kişiden 3'ü büyük işletmelerde çalışmaktaydı (%78). Çalışan nüfuslarına göre en yüksek meslek hastalığı riski mikro işletmelerde 4 hasta, 0 sağlıklı %100 oran, orta ölçekli işletmelerde 38 hasta, 1 sağlıklı, %97,4 oran görülmüştür. Küçük işletme çalışanlarında 25 hasta 10 sağlıklı ve %71,4 oran, büyük işletme çalışanlarında ise 73 hasta, 40 sağlıklı ve %64,6 oran tespit edilmiştir. Orta büyüklükteki işletmeler (50-249 çalışan), nüfuslarına göre en yüksek meslek hastalığı riskini taşımakta olup örneklemimizde bu işletmelerde çalışanların neredeyse tamamına yakını (%97) meslek hastalığı tanısı almış durumdadır. Pnömokonyoz tanısı olanların KOBİ'lerde (mikro+küçük+orta) çalışma oranı %47,9 iken, tanısı olmayanlarda bu oran %21,6 olarak saptandı; büyük işletmelerde tanı almış çalışan oranı %52,1 iken tanı almamış grupta büyük işletme oranı %78,4 olarak tespit edildi. Büyük işletmelerde iş sağlığı ve güvenliği birimleri vasıtasıyla önlemlerin etkin bir şekilde alındığı ve takip edildiği düşünülürse, mikro küçük ve orta ölçekli işletmelerin de iş sağlığı ve güvenliği alanında proaktif önlemleri alabilecek şekilde desteklenmesi söz konusu işletmelerde de pnömokonyoz meslek hastalığının engelleyebileceğini göstermektedir. Yapılan çalışma sonucu elde edilen tanımlayıcı istatistik bulguları, meslek hastalığı tanısı alan çalışanların yüksek toz ve ince partikül üretimi olan seramik, döküm ve gemi inşası gibi imalat kollarında ve işletme büyüklüğü olarak KOBİ ölçeğinde daha sık temsil edilmiştir. Tanısı olmayanların ise metal işleme ağırlıklı ve büyük işletmelerde kümelendiği görülmüştür. Coğrafi örüntü, ilgili sektörlerin bölgesel kümelenmesiyle uyumludur (ör. Kütahya-Bilecik seramik koridoru, Marmara sanayi havzası, Zonguldak ağır sanayi). Bu karşılaştırmalar nedensel yorum içermemekle birlikte, pnömokonyozun önlenmesine yönelik sektör-spesifik ve işletme ölçeğine duyarlı iş hijyeni müdahaleleri için odak alanlarını işaret etmektedir. Çoğu durumda parametrik testlerin (ör. iki örneklem *t*-testi) geçerli olabilmesi için verilerin normal dağılıma yeterince yakın olması beklenir; bu sebeple analiz öncesinde normallik değerlendirmesinin yapılması önerilir. Pratikte yöntem yazıları ya da uygulama kılavuzları olsun histogram, Q-Q grafikleriyle birlikte Shapiro–Wilk gibi formel testlerin kullanılmasını tavsiye eder. Çeşitli karşılaştırma çalışmalarında küçük ve orta örneklemlerde özellikle Kolmogorov–Smirnov veya Lilliefors gibi alternatiflere kıyasla Shapiro–Wilk testinin yüksek güç ve duyarlılığa sahip olduğunu rapor etmiştir. *(Ghasemi & Zahediasl, 2012; Razali & Wah, 2011).*

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Şekil.6 Shapiro–Wilk normallik testi grafikleri (Kaynak**:** Yazarın kendi çalışması.)



Yapılan incelemede Şekil.6 da görüldüğü üzere verilerimiz normal dağılımı sağlamadıkları belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda Shapiro–Wilk testi her iki grup için tüm değişkenlerde uygulanmıştır. Sonuçlarda bütün değişkenlerde her iki grup için de $p < 0.05$ bulunmuştur. Bu bulgu, normal dağılım varsayımının reddedildiğini ve parametrik testlerin yerine dağılım varsayımlarına daha az duyarlı yöntemlerin seçilmesi gerektiğini gösterir. *(Ghasemi & Zahediasl, 2012).* Normallik sağlanmadığında iki bağımsız grubun merkez ölçülerini karşılaştırmak için Mann–Whitney U testi yaygın biçimde kullanılır. Mann–Whitney U testi, iki bağımsız grubun (ör. "Meslek hastası: Var/Yok") dağılımlarını sıra istatistikleri üzerinden karşılaştıran parametrik olmayan bir yöntemdir; normal dağılım varsayımı gerektirmez ve stokastik üstünlüğü sınar. Test, özünde bir grubun gözlemlerinin diğerine göre anlamlı bir farklılık olup olmadığını sınar; dağılım şekilleri benzer ve fark yer değişimi tipindeyse sonuç medyan farkı olarak da yorumlanabilir *(Fay & Proschan, 2010).* Mann–Whitney U testi sonuçlarına göre İşe giriş yaşında meslek hastası olan ve olmayan her iki grup arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir ($p > 0.652$). Medyanlar meslek hastası olmayan grup için 18 [17–21] ve meslek hastası olan için 18 [16–22] olup aralarında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu değişken, hastalık varlığıyla ilişkili görünmemektedir. Hastalık bildirim yaşı açısından her iki grup arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Meslek hastası olanlarda medyan 42.5 [38–46] daha düşüktür; meslek hastası olmayanlarda medyan 45 [40–49]. Bu, meslek hastalarının daha genç yaşta bildirim aldığını göstermektedir. Tehlike sınıfı 1 (Az tehlikeli) işyerinde çalışma gün sayıları açısından medyanlar benzer olup fark anlamlı değildir ($p > 0.809$). Bu sınıf için belirgin bir ayırt edicilik gözlenmemiştir. Tehlike sınıfı 2 (Tehlikeli) işyerinde çalışma gün sayıları açısından gruplar arasında anlamlı fark vardır ($p < 0.001$).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

İmalat Sektörü Meslek Hastalığı Durumu (0=Yok, 1=Var) Tanımlayıcı İstatistikler ve Mann–Whitney U Testi p-Değerleri					
Meslek Hastası 0=Yok, N:51			**Meslek Hastası 1=Var, N:140**		**Mann–Whitney U Testi p-Değerleri**
Değişken Adı	**Median**	**Q1- Q3**	**Median**	**Q1-Q3**	
İşe giriş yaşı	18	17-21	18	16-22	p >0.652
Hastalık bildirim yaşı	45	40-49	42.50	38-46	p <0.01
Tehlike sınıf 1 POGS	0	0-79	0	0-91	p >0.809
Tehlike sınıf 2 POGS	233	8-1353	0	0-464.25	p <0.00
Tehlike sınıf 3 POGS	2721	0-4186	4317	2647.75-6414.25	p <0.00

Tablo.1 Tanımlayıcı İstatistikler ve Mann–Whitney U Testi

Medyanlar meslek hastası olmayanlar için 233 [8–1353], meslek hastası olanlar için 0 [0–464.25] şeklindedir bu, dağılımların ve maruziyet örüntülerinin gruplar arasında farklılaştığını göstermektedir. Çok tehlikeli işyerinde (Tehlike sınıfı 3 POGS) çalışma gün sayıları açısından gruplar arasında anlamlı fark vardır ($p<0.001$). Medyanlar meslek hastası olmayanlar için 2721 [0–4186], meslek hastası olanlar için 4317 [2647.75–6414.25]'tir. Mann–Whitney U testi sonucu çok tehlikeli sınıftaki işyerlerinde (Tehlike sınıfı 3 POGS) çalışma gün sayısı yüksek olan çalışanlarda meslek hastalığının daha sık ve bildirim yaşı meslek hastası olmayan gruba göre daha düşük tespit edilmiştir. Ki-kare bağımsızlık testi, iki kategorik değişken arasındaki ilişkiyi çapraz tablolar üzerinden değerlendirir ve beklenen-gözlenen frekans farklarına dayalı bir test istatistiği üretir (Agresti, 2019).

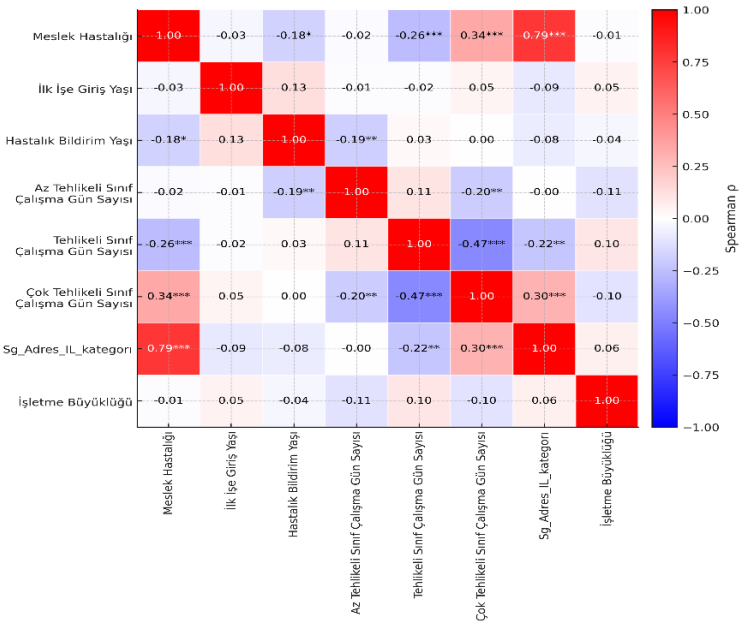
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Tablo.2 İmalat Sektörü Ki-Kare Analizleri

Karşılaştırma	**N**	**χ^2 (df=1)**	**p (asimp.)**	**p (Fisher, 2-yönlü)**	**Cramer's V**	**Etki**	**Anlamlılık (α=0,05)**
İşletme1-2	39	1.537	0.215	0.556	0.199	Küçük	Anlamlı değil
İşletme1-3	43	0.105	0.746	1.000	0.049	İhmal edilebilir	Anlamlı değil
İşletme1-4	117	2.151	0.142	0.297	0.136	Küçük	Anlamlı değil
İşletme2-3	74	9.859	0.002	0.002	0.365	**Orta**	**Anlamlı**
İşletme2-4	148	0.557	0.456	0.542	0.061	İhmal edilebilir	Anlamlı değil
İşletme3-4	152	15.868	0.001	0.001	0.323	**Orta**	**Anlamlı**

Küçük işletmeden Orta büyüklükteki işletmeye geçildiğinde, hastalık oranı belirgin bir şekilde artıyor (%71,4'ten %97,4'e çıkıyor). Orta ölçekli işletmelerde neredeyse herkeste hastalık görülüyor. Orta büyüklükteki işletmeden Büyük işletmeye geçildiğinde ise hastalık oranı %97,4'ten %64,6'ya belirgin bir şekilde düşüyor. Mikro denilen çok küçük işletmelerle yapılan tüm karşılaştırmalarda, Mikro-Küçük, Mikro-Orta gibi gruplarda 4 kişi gibi sayının çok az olması nedeniyle istatistiksel olarak güvenilir bir fark bulunamadı. Araştırmamız sonucunda işletme büyüdükçe hastalık riskinin her zaman artmadığı bunun aksine, orta büyüklükteki işletmeler hem küçük hem de büyük işletmelere kıyasla daha yüksek bir hastalık riski taşımaktadır.

Şekil.7 Spearman Rho Korelasyon Analizi Isı Haritası (Kaynak**:** Yazarın kendi çalışması.)



ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Hücrelerde Spearman ρ katsayısı ve anlamlılık yıldızları birlikte gösterilmiştir.

*** → $p < 0.001$

** → $p < 0.01$

* → $p < 0.05$ (iki kuyruklu)

Meslek hastalığı ile sürekli ve kategorik değişkenler arasında Spearman rho korelasyon analizi sonuçlarına göre anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. İl kategorisi ile meslek hastalığı arasında çok güçlü ve pozitif yönde bir ilişki gözlenmiştir (ρ = 0,789). Meslek hastalığı görülme sıklığı ilin risk kategorisi yükseldikçe belirgin şekilde artmaktadır. Benzer şekilde, meslek hastalığı ile çok tehlikeli işyerlerinde çalışma süresi arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki mevcuttur (ρ = 0,342), bu durum çok tehlikeli grupta bulunan işyerlerinde çalışma süresinin artmasıyla orantılı olarak meslek hastalığı bildirimleri de artmaktadır. Tehlikeli işyerlerinde çalışma süresi ile meslek hastalığı ile arasında zayıf-orta düzeyde negatif bir ilişki gözlenmiştir (ρ = -0,259). Ayrıca, tehlike işyerlerinde çalışma süresi ile çok tehlikeli işyerlerindeki çalışma süresi değişkenleri arasında orta-güçlü ve negatif yönde bir ilişki bulunması (ρ = -0,465), bu iki sınıfın birbirini dışlayan özellikler taşıyabileceğine işaret etmektedir. Sonuç olarak, meslek hastalığının ortaya çıkmasında coğrafi risk kategorisi ve tehlike sınıflarındaki çalışma sürelerinin önemli belirleyiciler olduğu, ancak diğer değişkenlerle olan ilişkilerin daha zayıf veya orta düzeyde kaldığı anlaşılmaktadır.

Tablo.3 Meslek Hastalığı Risk Faktörleri Lojistik Regresyon Sonuçları

Değişken	**B**	**S.E.**	**p**	**OR (Exp(B))**	**%95 GA (OR)**
İlk iş giriş yaşı	0.035	0.078	0.657	1.035	0.889–1.206
Hastalık bildirim yaşı	−0.108	0.042	0.011	0.898	0.826–0.976
Tehlike Sınıfı 1 POGS	0.001	0.001	0.182	1.001	1.000–1.002
Tehlike Sınıfı 2 POGS	0.000	0.000	0.761	1.000	1.000–1.000
Tehlike Sınıfı 3 POGS	0.000335	0.000121	0.0055	1.000335	1.000098–1.000572
Nace kodu grup 1	−0.555	1.110	0.617	0.574	0.065–5.054
Nace kodu grup 2	−1.166	1.064	0.273	0.312	0.039–2.510
Coğrafi Bölge 1 (Marmara, Ege, İç Anadolu)	3.865	0.624	5.9e−10	47.711	14.041–162.117

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Değişken	B	S.E.	p	OR (Exp(B))	%95 GA (OR)
İşletme büyüklüğü 1	−1.064	0.660	0.107	0.345	0.095–1.259

Tablo. 4 Coğrafi Bölge Kodları

BÖLGE 1	BÖLGE 2
6=Ankara	1=Adana
11=Bilecik	19=Çorum
16=Bursa	25=Erzurum
17=Çanakkale	31=Hatay
26=Eskişehir	52=Ordu
34=İstanbul	55=Samsun
35=İzmir	67=Zonguldak
40=Kırşehir	74=Bartın
41=Kocaeli	78=Karabük
42=Konya	
43=Kütahya	
45=Manisa	
54=Sakarya	
59=Tekirdağ	
77=Yalova	

Çalışmamızda, meslek hastalığı tanısı alıp almama durumunu ve meslek hastalığına etki eden en önemli faktörlari tahmin etmek amacıyla ikili lojistik regresyon analizi yapılmıştır. Modelin genel anlamlılığı Omnibus testi ile doğrulanmıştır ($\chi^2(9) = 117{,}59$; $p<0{,}001$). Model uyum iyiliği göstergeleri oldukça güçlüdür: Nagelkerke $R^2=0{,}669$ ve Hosmer-Lemeshow testi ($p=0{,}510$) modelin iyi kalibre edildiğini göstermektedir. Sınıflandırma performansı %88,48 doğruluk oranına ulaşmış olup, duyarlılık %92,86 ve özgüllük %76,47'dir. Anlamlı yordayıcılar arasında hastalık bildirim yaşı her bir yıllık artış, meslek hastası olma olasılığını %10,2 azaltmaktadır (OR=0,898; p=0,011) Sigortalının çok tehlikeli işyerlerinde çalışması her +1 gün, arttığında meslek hastası olma olasılığı olmama olasılığına göre %0,0335 yaklaşık binde üç buçuk artmaktadır. Coğrafi bölge 2'de çalışanlara göre, bölge 1'de bulunan çalışanlar meslek hastalığına yakalanma olasılığı yakalanmama olasılığına göre 48 kat daha fazla olmak üzere en güçlü belirleyici olarak tespit edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmamız, resmi olarak SGK kayıtlarından alınmış 2012–2024 döneminde imalat sektöründe bulunan 191 kişinin verisine dayanarak yapılmıştır. Pnömokonyozla ilişkili bağımlı ve bağımsız değişkenleri tanımlayıcı istatistikler, parametrik olmayan karşılaştırmalar ve ikili lojistik regresyonla inceledik. Örneklemin %73,3'ü pnömokonyoz tanılı (n=140), %26,7'si tanısızdır (n=51). Yapılan çalışma sonucu elde ettiğimiz bulgularda, pnömokonyoz meslek hastalığının sektörel gruplar, coğrafi zon ve işletme ölçeği ile anlamlı biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir. Sektörel gruplamada NACE dağılımı, pnömokonyoz tanılı grubun özellikle seramik sıhhi ürünleri (2342), gemi inşası (3011) ve demir döküm (2451) kollarında yoğunlaştığını; tanısız grubun ise daha çok metallerin makinede işlenmesi (2562) ve ana demir-çelik (2410) faaliyetlerinde yer aldığı görülmüştür. Ortaya çıkan tabloda, ince partikül ve solunabilir kristalin silika üretiminin yüksek olduğu proseslerde (kırma-eleme, döküm,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

refrakter işlemler, yüksek enerjili yüzey hazırlama vb.) maruziyet baskınlığına işaret etmektedir. İşletme büyüklüğüne göre hastalık oranları monoton artış göstermemiştir. Risk, mikro ve orta ölçekli işletmelerde zirve yapmıştır. Örneklem içi oranlara bakıldığında, mikro ölçekli işletmelerde pozitiflik payı %100 iken orta ölçekli işletmelerde pozitiflik payının %97,4, küçük ölçeklilerde %71,4, büyük ölçeklilerde ise %64,6 olduğu görülmüştür. Coğrafi örüntüye göre 24 ildeki dağılımda, seramik ve ağır sanayi kümelerinin yoğun olduğu bölgelerde hastalık bildirimlerinin arttığını tespit ettik. Spearman rho korelasyon analiziyle gruplandırılmış il risk kategorileri ile meslek hastalığı arasında çok güçlü ve pozitif bir ilişki (ρ=0,789) ortaya koymuştur. Lojistik regresyon modelinde de bölge 1, bölge 2'ye kıyasla en güçlü yordayıcı olduğu görülmüştür (OR=47,7; %95 GA: 14,0–162,1; p<0,001). Elde ettiğimiz bu bulgu, bölgesel sektör kompozisyonu farklarının riskte belirleyici olduğunu desteklemektedir. Parametrik olmayan karşılaştırmalar ve korelasyon analizleri, çok tehlikeli sınıf (Tehlike sınıfı 3) işyerlerinde çalışma gün sayısı arttıkça hastalık olasılığının anlamlı biçimde yükseldiğini; buna karşılık tehlikeli sınıf (Tehlike sınıfı 2) süreleri ile hastalık arasında zayıf-orta düzeyde negatif ilişki bulunduğunu göstermiştir. Lojistik modelde çok tehlikeli işyerlerinde çalışma gün sayısının katsayısı pozitif ve anlamlı olup (B=0,000335; p=0,0055) her +1 gün, arttığında meslek hastası olma olasılığı yaklaşık binde üç buçuk arttırmaktadır. Meslek hastalığı bildirimi olanların bildirim yaşı, tanısız gruba göre daha düşüktür (Mann–Whitney p<0,01). Lojistik modelde de bildirim yaşındaki her 1 yıllık artış, meslek hastası olma olasılığını yaklaşık %10 azaltmaktadır (OR=0,898; p=0,011). İlk işe giriş yaşı ve NACE grup değişkenleri modelde anlamlı bulunmamıştır; bu da etkiyi daha çok maruziyetin niteliği, süresi ile coğrafya bağlamında belirlendiğini düşündürmektedir. Bulgular nedensellik iddiası taşımamakla birlikte, proses-özel maruziyetlerin (özellikle seramik-refrakter, döküm, gemi inşası) ve mikro-orta ölçekli işletmeler ile belirli bölgesel kümelerin proaktif risk yönetimi için odak alanlar olduğunu göstermektedir. Mikro işletme alt grubunun çok küçük olması (n=4) çıkarımların bu grup için temkinle ele alınmasını gerektirmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışma, imalat sektöründe pnömokonyoz riskinin sektörel özellikleri, coğrafi kümelenme ve işletme ölçeği etkileşiminde şekillendiğini göstermektedir. En yüksek risk mikro-orta ölçekli işletmelerde ortaya çıkmakta; seramik-refrakter, döküm ve gemi inşası gibi çok tehlikeli sınıf proseslerde çalışma sürelerinin artışı hastalık olasılığını anlamlı biçimde yükseltmektedir. Coğrafi bölge olarak bölge 1 (Marmara, Ege, İç Anadolu) kuşağında yer alan iller, referans bölge 2'ye (Akdeniz, Karadeniz, Doğu Anadolu) kıyasla çok daha yüksek meslek hastalığı olasılıklarıyla ilişkilidirler. Model performans ölçütleri, bu desenin istatistiksel olarak güçlü bir biçimde desteklendiğini göstermiştir. Pnömokonyozun önlenmesinde mikro-orta ölçekli işletmelere hedefli müdahaleler öncelikli olarak ele alınmalıdır. Çok tehlikeli sınıf işlerde maruziyet süresi yönetimi ve mühendislik kontrolleri, koruyucu stratejinin omurgasını oluşturmalıdır. Büyük işletmelerdeki görece iyi sonuçlar, süreç standardizasyonu ve denetimin etkinliğine işaret etmektedir. Bu nedenle iyi uygulamaların KOBİ'lere sistematik transferi gerekmektedir. Risk temelli periyotlarla yüksek riskli alt sektörlerde daha sık taramalar uygulanabilir. Büyük işletmelerden elde edilen havalandırma, temizlik, kapalı malzeme transferi ve bakım prosedürlerinin KOBİ'lerde uyarlanması sağlanabilir. Pnömokonyozun imalat sektöründeki yükünü azaltmak için "proses-özgü, bölge-duyarlı ve ölçek-hedefli" bir strateji gereklidir. Çalışmanın bulguları, mikro-orta ölçekli işletmelerde yoğunlaşan riski azaltmaya, çok tehlikeli sınıf maruziyetlerini düşürmeye ve iyi uygulamaları ölçeklemeye odaklanan somut bir yol haritası sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Agresti, A. (2019). *An introduction to categorical data analysis* (3rd ed.). Wiley.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Cunningham, T., Schulte, P., Jacklitsch, B., & Burnett, G. (2017). *Understanding small enterprises: Proceedings from the 2017 Conference*.

Fay, M. P., & Proschan, M. A. (2010). Wilcoxon–Mann–Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules. *Statistics Surveys, 4*, 1–39. https://doi.org/10.1214/09-SS051

Gbondo, D., Zhao, Y., Pham, M., & Rumchev, K. (2024). Trends in crystalline silica among lithium mine workers in Western Australia. *Safety and Health at Work, 15*, 481–490. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.08.005

Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism, 10*(2), 486–489. https://doi.org/10.5812/ijem.3505

International Labour Organization. (2024). *Chemical exposures in mining: Impacts for occupational safety and health*.

Liu, C., Fang, Y., Xie, Y., Zheng, H., Li, X., & Liu, D. (2024). Deep learning pneumoconiosis staging and diagnosis system based on multi-stage joint approach. *BMC Medical Imaging, 24*, 165. https://doi.org/10.1186/s12880-024-01344-y

Liu, K., Sun, X., Hu, W.-J., & Liang-Ying, M. (2024). Occupational exposure to silica dust and silicosis risk in Chinese noncoal mines: Qualitative and quantitative risk assessment. *JMIR Public Health and Surveillance, 10*, e52921. https://doi.org/10.2196/52921

Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro–Wilk, Kolmogorov–Smirnov, Lilliefors and Anderson–Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics, 2*(1), 21–33.

WorkSafe Australia. (2024). *Working with crystalline silica substances: Guidance for PCBUs.*

Zhang, W. (2025). *Occupational health management in the Era of large-scale Copper mining in Chile: A historical analysis of silicosis mortality, 1940–1990.* In Politics and World Economy, University of Barcelona, Spain.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

WATER RETENTION AND OIL RETENTION CAPACITIES OF PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED FROM MEAT TRIMMING WASTES UNDER DIFFERENT PROCESS CONDITIONS

Res. Asst. PhD, Elif EKİZ TERZİOĞLU

Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Ataturk University, 25240, Erzurum, Türkiye, elifekiz@atauni.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-5557-4226

Assoc. Prof., Emel ÖZ

Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Ataturk University, 25240, Erzurum, Türkiye, emel.oz@atauni.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-3766-2713

Prof. Dr., Fatih ÖZ

Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Ataturk University, 25240, Erzurum, Türkiye; East Anatolian High Technology Research and Application Center (DAYTAM), Ataturk University, 25240, Erzurum, Türkiye; Kyrgyz-Turkish Manas University, Engineering Faculty, Department of Food Engineering, Bishkek 720038, Kyrgyzstan; fatihoz@atauni.edu.tr, fatih.oz@manas.edu.kg - https://orcid.org/0000-0002-5300-7519

Correspondence: Prof. Dr. Fatih Oz (fatihoz@atauni.edu.tr; fatih.oz@manas.edu.kg)

ABSTRACT

Following the slaughter and standard butchering processes in the meat industry, a significant amount of by-products, considered waste, are generated as a result of the separation of edible parts for human consumption. While these by-products or wastes are quite rich in composition, businesses consider their disposal an additional cost. Unfortunately, many businesses also dispose of them directly in the trash, causing environmental pollution. In today's world, where climate change, meeting food demand, and environmental pollution are crucial, utilizing waste, transforming it into high-value-added products, and offering it as a substitute natural resource for various synthetic products are important economic, environmental, and food sustainability strategies. Protein hydrolysates, among the products that can be utilized from waste, can be defined as products containing smaller peptides and free amino acids and exhibiting functional properties through the hydrolysis of protein-rich sources. In this context, in the present study, protein hydrolysates were produced from protein extracts obtained from meat trimming waste at different pH values (2.5, 3, 3.5, 4, 10, 10.5, 11 and 12) by using alcalase enzyme and the protein hydrolysates were subjected to ultrafiltration to obtain fractions <3 kDa. The water and oil retention capacities of the obtained protein hydrolysates were examined. It was determined that protein extraction carried out at different pH values applied during the protein hydrolysate production stage caused very significant ($p<0.01$) changes on the water

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

retention capacity of protein hydrolysates, while it was found that it had no significant effect on the oil retention capacity ($p>0.05$). It was observed that the water retention capacities of protein hydrolysates varied between 0.28-1.58 g water/g protein on average and that the water retention capacities of protein hydrolysates produced after the protein extraction process carried out at pH 12 were statistically different from other protein hydrolysates. Additionally, the oil-retention capacity of protein hydrolysates was determined to range between 1.45 and 2.02 g oil/g protein on average. Consequently, protein hydrolysates obtained from meat trimming waste have the potential to be used as water retention and oil retention agents in various industries.

Keywords: meat trimming waste, protein hydrolysates, different process conditions, water retention capacity, oil retention capacity

1. INTRODUCTION

Protein hydrolysates are complex structures composed of peptides, oligopeptides, and free amino acids obtained from protein-rich sources through various methods (chemical, enzymatic, or microbial) (Abeer et al., 2021). Protein hydrolysates can exhibit numerous beneficial health effects, such as antioxidant, antihypertensive, antimicrobial, and anticarcinogenic properties, thanks to the bioactive peptides they contain. Furthermore, protein hydrolysates possess various techno-functional properties, such as water retention capacity, oil retention capacity, solubility, gelation, emulsification, and foaming. Due to these functional properties, protein hydrolysates are used as additives in many industries, including pharmaceuticals, food, medicine, and cosmetics (Etemadian et al., 2021; Wen et al., 2020; Wu et al., 2020; Islam et al., 2022).

Water retention capacity significantly impacts yield and quality parameters by affecting the textural and rheological properties of foods, such as elasticity, strength, and fluidity (Karami and Akbari-adergani, 2019). Therefore, the water retention properties of proteins are important for the food industry as they affect both the sensory and economic characteristics of foods. The hydrolysis process affects the ability of proteins to absorb and bind with water molecules. The increase in the C-terminal and N-terminal in proteins affects the amount of absorbed water and the strength of the sorption bond, contributing to their hygroscopic properties (Pires and Batista, 2013). Factors such as molecular weight, peptide composition, degree of hydrolysis, and pH significantly affect the water retention capacity of protein hydrolysates. It has been reported that prolonged enzymatic hydrolysis has a greater impact on water retention capacity by generating hydrophilic and low molecular weight peptides in proteins (Halim et al., 2016; Karami and Akbari-Adergani, 2019).

The oil retention capacity is defined as the amount of oil directly bound to the protein and is important because it is a significant functional property, especially in the meat industry (Wasswa et al., 2007). The oil retention capacity in protein hydrolysates is affected by hydrolysis method, enzyme type, degree of hydrolysis, hydrophobic residues, solubility, and bulk density (Pires and Batista, 2013; Leni et al., 2020). Additionally, it has been reported that the high content of hydroxyproline in protein hydrolysates and the presence of amino acids such

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

as aspartic acid, arginine, glutamic acid, and lysine affect the oil retention capacity (Taheri et al., 2013).

In this study, protein hydrolysate was produced from protein extracts extracted from meat trimming waste under different process conditions (pH 2.5, 3, 3.5, 4, 10, 10.5, 11, and 12) using alcalase enzyme. Subsequently, the protein hydrolysates were subjected to ultrafiltration to obtain fractions with a molecular weight of <3 kDa. Important techno-functional properties of protein hydrolysates obtained from meat trimming waste at different pH values were investigated: water retention capacity and oil retention capacity.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

Meat trimming waste used in protein hydrolysate production were obtained from the Erzurum Meat and Milk Institution's Meat Combine by trimming the remaining parts following slaughtering and standard cutting processes.

2.2. Method

2.2.1. Protein Hydrolysate Production

For protein hydrolysate production, protein extraction from meat trimming waste at eight different pH values was performed, with some modifications to the method described by Neves et al. (2017). In this direction, the ground meat trimming waste were homogenized by adding distilled water at a 1:7 ratio, and then the pH values were adjusted to 2.5, 3, 3.5, 4, 10, 10.5, 11, and 12 with 2 M NaOH and 1 M HCl (Mettler Toledo, S210). Afterwards, the mixtures were stirred for 30 min and centrifuged at 10000 g for 20 minutes (Lab312, TGL16) to obtain protein extracts. For the production of protein hydrolysate, the protein extracts were first incubated at 50°C for 10 min according to the optimum conditions of alcalase enzyme (Merck, Germany, purity 100% and activity ≥0.75 AU/mL), and the pH value was adjusted to 8. Then, alcalase enzyme was added at an Enzyme:Substrate ratio of 1:100, and hydrolysis (JSR, JSSB-30T) was carried out at 50°C for 4 h. After heating at 90°C for 10 minutes to inhibit the enzyme, the samples were cooled to room temperature, and the hydrolysates were subjected to ultrafiltration (EZ-Fit® Manifold, Filtration Units, Millipore) to obtain protein fractions <3 kDA (Ultracel 3 kDa, Ultrafiltration Discs, Millipore). Subsequently, the protein hydrolysate was subjected to lyophilization (Li-Chan et al., 2012; Pires et al., 2012; Taheri et al., 2013; Meshginfar et al., 2016; Neves et al., 2016; Neves et al., 2017). Powdered protein hydrolysates were stored at -18°C in vacuum packages for use in analyses.

2.2.2. Water Retention Capacity

The water retention capacity of protein hydrolysate samples was carried out with some modifications according to the method provided by Ogunwolu et al. (2009). 0.1 g of protein hydrolysate sample and 1 mL of pure water were added to a pre-weighed centrifuge tube. The mixed tubes were then centrifuged at 1800 g for 25 minutes at 23ºC, and after removing the liquid phase remaining at the top of the tubes, the tubes were left at a 45° angle for 20 minutes, and the resulting liquid was discarded. Afterward, the weight of the tube and contents was determined. Water retention capacity (g water/g protein) was determined.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2.2.3. Oil Retention Capacity

The oil retention capacity of protein hydrolysate samples was determined according to the method reported by Ogunwolu et al. (2009). 0.1 g of protein hydrolysate and 1 mL of sunflower oil were added to a pre-weighed centrifuge tube, mixed, and left at room temperature for 25 minutes. The tubes were then centrifuged at 12000 g for 10 minutes at 25ºC. After centrifugation, the liquid remaining at the top of the tubes was removed, and the tubes were kept at a 45° angle for 20 minutes; the resulting liquid was discarded at the end of this period. Then, the weight of the tube and its contents was determined, and the oil retention capacity was calculated in g oil/g protein.

2.2.4. Statistical Analysis

The current study was designed using a completely randomized trial design with three replications. Data were analyzed using SPSS, and the Duncan multiple comparison test was used to evaluate differences between the results (Yıldız and Bircan 1991).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Water Retention Capacity

Water retention capacity, one of the functional properties of proteins and protein hydrolysates, is considered an important quality criterion in the food industry in terms of economic and sensory characteristics. In this context, protein hydrolysates can be used as additives in the food industry to improve the textural and sensory properties of moisty products due to their water retention capacities (Chiang et al., 1999; Pires and Batista, 2013).

In the present research, the analysis results of the water retention capacities of protein hydrolysates produced as a result of enzymatic hydrolysis of proteins extracted from meat trimming waste at different pH values are given in Table 1. As seen in the table, it was determined that protein extraction carried out at different pH values (2.5, 3, 3.5, 4, 10, 10.5, 11, and 12) during protein hydrolysate production had a very significant effect ($p<0.01$) on the water retention capacities of protein hydrolysates. It was determined that the water retention capacities of the produced protein hydrolysates ranged from 0.28 to 1.58 g water/g protein, and that the water retention capacity of protein hydrolysates produced after protein extraction at pH 12 was higher than those produced after protein extraction at all other pH values, with no significant differences in water retention capacity observed between other pH values.

Table 1. Water retention capacities of protein hydrolysates produced by enzymatic hydrolysis of proteins extracted from meat trimming waste at different pH values

Protein Hydrolysates	Water retention capacities (g water/g protein)
2.5	0.29 ± 0.20^{b}
3	0.33 ± 0.14^{b}
3.5	0.28 ± 0.02^{b}
4	0.62 ± 0.19^{b}
10	0.40 ± 0.32^{b}
10.5	0.31 ± 0.21^{b}

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

11	0.42±0.11[b]
12	1.58±0.69[a]
Sig.	**

**: p<0.01; a-b: means marked with different letters are statistically different from each other

Šližytė et al. (2005) reported that the water retention capacity of protein hydrolysates produced from moringa fish by-products using different enzymes was not related to the degree of hydrolysis, but rather to specific amino acids, and that the reduction in the amounts of glycine/arginine, hydroxyproline, alanine, and hydrophobic amino acids increased water retention capacity.

Balti et al. (2010), in their study using an enzyme extracted from Bacillus licheniformis NH1 to produce protein hydrolysates from squid processing waste, reported that the water retention capacity of the protein hydrolysate samples ranged from 3.0 to 5.5 mL water/g and that the release of polar groups such as -COOH and -NH2 during hydrolysis significantly influenced the water retention capacity. Pires and Batista (2013) reported that the polar groups -COOH and -NH2 increased water-binding strength and imparted hygroscopic properties to hydrolysates.

Mısır and Koral (2019) determined that the water retention capacities of protein hydrolysates obtained by conventional and ultrasound-assisted hydrolysis of rainbow trout by-products using alcalase enzyme (enzyme: substrate, 0.5%; pH 8) for 1 hour were 5.40 mL/g and 4.70 mL/g, respectively. Hemker et al. (2020), in their study, produced protein hydrolysates from protein isolates obtained from Tilapia by-products (head, tail, and fins) using the isoelectric solubilization and precipitation methods (pH 11.5 and pH 5.5) and pressure-assisted enzymatic hydrolysis (alcalase, 3 mL/100 mL; pH 8, 55°C). The researchers reported that the water retention capacity of the protein hydrolysates was 0.9 g/g and that pressure and application duration affected water retention capacity, with increases in pressure and duration reducing water retention capacity due to conformational changes in proteins caused by pressure.

Amiri et al. (2021) applied papain enzyme treatment and sonication to myofibrillar proteins extracted from Longissimus dorsi muscle. They determined that water retention capacity was 59.12%, 79.35%, and 62.24%, respectively, as a result of applying papain enzyme along with 0, 15, and 30 minutes of sonication treatment to myofibrillar proteins. The researchers indicated that the high-water retention capacity resulting from the combined sonication and enzyme treatment was influenced by increased protein-water interaction and the smaller particle size distribution.

3.2. Oil Retention Capacity

The oil retention capacity of protein hydrolysates refers to the amount of oil retained per unit of weight (Pires and Batista, 2013). The oil retention capacities of protein hydrolysates are important as they influence flavor and functional properties in various products such as meat products, baked goods, sauces, and confectionery (Halim and Sarbon, 2020). Changes in the oil retention capacities of protein hydrolysates are reported to result from the production method, protein source, degree of hydrolysis, enzyme specificity, non-polar amino acid content,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

molecular weight and concentration of peptides, and protein-lipid interactions (Fuentes et al., 2024).

The analysis results of the oil retention capacities of protein hydrolysates produced from the enzymatic hydrolysis of proteins extracted from meat trimming waste at different pH values are presented in Table 2. As seen from the table, it was determined that the protein extraction process carried out at different pH values (2.5, 3, 3.5, 4, 10, 10.5, 11, and 12) during the production of protein hydrolysates did not have a significant effect ($p>0.05$) on the oil retention capacities of the protein hydrolysates. It was determined that the oil retention capacities of the produced protein hydrolysates ranged between 1.45 and 2.02 g oil/g protein and that there was no significant difference in oil retention capacities among the samples.

Tablo 2. Oil retention capacities of protein hydrolysates produced by enzymatic hydrolysis of proteins extracted from meat trimming waste at different pH values

Protein Hydrolysates	**Oil retention capacity (g oil/g protein)**
2.5	1.74±0.35[a]
3	1.64±0.21[a]
3.5	1.95±0.44[a]
4	2.02±0.89[a]
10	1.45±0.16[a]
10.5	1.59±0.20[a]
11	1.64±0.30[a]
12	1.93±0.52[a]
Sig.	ns

ns: $p>0.05$

With the high degree of hydrolysis of proteins, more peptide bonds are broken, and the conformation of the protein opens, exposing the oil retention sites. The oil retention capacity of protein hydrolysates is mainly associated with surface hydrophobicity and is reported to occur due to the interactions between hydrocarbon chains in lipids and hydrophobic or non-polar amino acids (Alves et al., 2021; Razavizadeh et al., 2022). On the other hand, it was also determined by Sousisi et al. (2007), Amiza et al. (2012), and Wachirattanapongmetee et al. (2009) that the oil retention capacities of protein hydrolysates obtained from various sources were not related to the degree of hydrolysis.

Taheri et al. (2013) reported that the oil retention capacities of protein hydrolysates produced using alcalase enzyme from poultry by-products and rainbow trout by-products were 2.8 mL/g and 3.1 mL/g, respectively. The researchers reported that the high presence of amino acids such as glutamic acid, aspartic acid, lysine, and arginine increased the oil retention capacity. de Queiroz et al. (2017) found that the oil retention capacities of protein hydrolysates obtained from goat offal using alcalase and bromelain enzymes varied between 5.94 and 6.92 mL oil/g protein, and no statistically significant differences were found among the oil retention capacities.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

4. CONCLUSION

Producing protein hydrolysates from meat trimming waste not only allows for the utilization of waste and its transformation into high-value-added products, but also provides a natural alternative to synthetic additives through various functional properties. In this context, research results indicate that protein hydrolysates produced from meat trimming waste using alcalase after extraction at different pH values have varying levels of water retention and oil retention properties. Therefore, it can be emphasized that protein hydrolysates obtained from meat trimming waste have the potential to be used as water retention and oil retention agents in various industries.

Acknowledgments

We would like to thank TÜBİTAK-1001 Scientific and Technological Research Projects Support Program (Project No: 122O450) and Atatürk University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No: FDA-2023-11977) for their support in the conduct of the research.

REFERENCES

Abeer, M.M., Trajkovic, S. and Brayden, D.J. (2021). Measuring the oral bioavailability of protein hydrolysates derived from food sources: A critical review of current bioassays. Biomedicine & Pharmacotherapy, 144, 112275. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112275

Alves, F.E.D.S.B., Carpiné, D., Teixeira, G.L., Goedert, A.C., Scheer, A.D.P. and Ribani, R.H. (2021). Valorization of an abundant slaughterhouse by-product as a source of highly technofunctional and antioxidant protein Hydrolysates. Waste and Biomass Valorization, 12, 263-279. https://doi.org/10.1007/s12649-020-00985-8

Amiri, A., Sharifian, P., Morakabati, N., Mousakhani-Ganjeh, A., Mirtaheri, M., Nilghaz, A., Guo, Y.G. and Pratap-Singh, A. (2021). Modification of functional, rheological and structural characteristics of myofibrillar proteins by high-intensity ultrasonic and papain treatment. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 72, 102748. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102748

Amiza, M.A., Ow, Y.W. and Faazaz, A.L. (2013). Physicochemical properties of silver catfish (Pangasius sp.) frame hydrolysate. International Food Research Journal, 20(3), 1255-1262.

Balti, R., Bougatef, A., El-Hadj Ali, N., Zekri, D., Barkia, A. and Nasri, M. (2010). Influence of degree of hydrolysis on functional properties and angiotensin I-converting enzyme-inhibitory activity of protein hydrolysates from cuttlefish (Sepia officinalis) by-products. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(12), 2006-2014. https://doi.org/10.1002/jsfa.4045

Chiang, W.D., Shih, C.J. and Chu, Y.H. (1999). Functional properties of soy protein hydrolysate produced from a continuous membrane reactor system. Food Chemistry, 65(2), 189-194. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00193-9

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

de Queiroz, A.L.M., Bezerra, T.K.A., de Freitas Pereira, S., da Silva, M.E.C., de Almeida Gadelha, C.A., Gadelha, T.S., Pacheco, M.T.B. and Madruga, M.S. (2017). Functional protein hydrolysate from goat by-products: Optimization and characterization studies. Food Bioscience, 20, 19-27. http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.07.009

Etemadian, Y., Ghaemi, V., Shaviklo, M.R., Pourashouri, P., Mahoonak, A.R.S. and Rafipour, F. (2021). Development of animal/ plant-based protein hydrolysate and its application in food, feed and nutraceutical industries: State of the art. Journal of Cleaner Production 278, 123219. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123219

Fuentes, C., Verdú, S., Grau, R., Barat, J.M. and Fuentes, A. (2024). Impact of raw material and enzyme type on the physico-chemical and functional properties of fish by-products hydrolysates. LWT, 201, 116247. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116247

Halim, N.R.A. and Sarbon, N.M. (2020). Characterization of Asian swamp eel (Monopterus sp.) protein hydrolysate functional properties prepared using Alcalase® enzyme. Food Research, 4(1), 207-215.

Halim, N.R.A., Yusof, H.M. and Sarbon, N.M. (2016). Functional and bioactive properties of fish protein hydolysates and peptides: A comprehensive review. Trends in Food Science & Technology, 51, 24-33.

Hemker, A.K., Nguyen, L.T., Karwe, M. and Salvi, D. (2020). Effects of pressure-assisted enzymatic hydrolysis on functional and bioactive properties of tilapia (Oreochromis niloticus) by-product protein hydrolysates. LWT, 122, 109003. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.109003

Islam, M.S., Wang, H., Admassu, H., Sulieman, A.A. and Wei, F.A. (2022). Health benefits of bioactive peptides produced from muscle proteins: Antioxidant, anti-cancer, and anti-diabetic activities. Process Biochemistry, 116, 116-125. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.03.007

Karami, Z. and Akbari-adergani, B. (2019). Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides and their functional properties. Journal of Food Science and Technology, 56(2), 535-547. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3549-4

Leni, G., Soetemans, L., Caligiani, A., Sforza, S. and Bastiaens, L. (2020). Degree of hydrolysis affects the techno-functional properties of lesser mealworm protein hydrolysates. Foods, 9(4), 381. https://doi.org/10.3390/foods9040381

Li-Chan, E.C.Y., Hunag, S.L., Jao, C.L., Ho, K.P. and Hsu, K.C. (2012). Peptides derived from Atlantic Salmon skin gelatin as dipeptidyl-peptidase IV inhibitors. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(4), 973-978. dx.doi.org/10.1021/jf204720q

Meshginfar, N., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M. and Aalami, M. (2016). Effects of protein hydrolysate from sheep visceral on oxidative stability of soybean oil and chicken sausage. Journal of Food Processing and Preservation, 41(2), e12875. https://doi.org/10.1111/jfpp.12875

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Mısır, G.B. and Koral, S. (2019). Effects of ultrasound treatment on structural, chemical and functional properties of protein hydrolysate of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) by-products. Italian Journal of Food Science, 31(2), 205-223. https://doi.org/10.14674/IJFS-1218

Neves, A.C., Harnedy, P.A. and FitzGerald, R.J. (2016). Angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase-IV inhibitory, and antioxidant activities of a Blue Mussel (Mytilus edulis) meat protein extract and its hydrolysates. Journal of Aquatic Food Product Technology, 25(8), 1221-1233. https://doi.org/10.1080/10498850.2015.1051259

Neves, A.C., Harnedy, P.A., O'Keeffe, M.B. and FitzGerald, R.J. (2017). Bioactive peptides from Atlantic salmon (Salmo salar) with angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase IV inhibitory, and antioxidant activities. Food Chemistry, 218, 396-405. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.053

Ogunwolu, S.O., Henshaw, F.O., Mock, H.P., Santros. A. and Awonorin, S.O. (2009). Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (Anacardium occidentale L.) nut. Food Chemistry, 115(3), 852-858. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.011

Pires, C. and Batista, I. (2013). Functional properties of fish protein hydrolysates. Utilization of fish waste, 59-75. CRC Press.

Pires, C., Clemente, T. and Batista, I. (2012). Functional and antioxidative properties of protein hydrolysates from Cape hake by-products prepared by three different methodologies. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(4), 771-780. https://doi.org/10.1002/jsfa.5796

Razavizadeh, S.R., Farmani, J. and Motamedzadegan, A. (2022). Enzyme-assisted extraction of chicken skin protein hydrolysates and fat: Degree of hydrolysis affects the physicochemical and functional properties. Journal of the American Oil Chemists' Society, 99(7), 621-632. https://doi.org/10.1002/aocs.12591

Šližytė, R., Daukšas, E., Falch, E., Storrø, I. and Rustad, T. (2005). Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (Gadus morhua) by-products. Process Biochemistry, 40(6), 2021-2033. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.07.016

Souissi, N., Bougatef, A., Triki-Ellouz, Y. and Nasri, M. (2007). Biochemical and functional properties of sardinella (Sardinella aurita) by-product hydrolysates. Food Technology and Biotechnology, 45(2), 187-194.

Taheri, A., Anvar, S.A.A., Ahari, H. and Fogliano, V. (2013). Comparison the functional properties of protein hydrolysates from poultry by-products and rainbow trout (Onchorhynchus mykiss) viscera. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 12(1), 154-169.

Wachirattanapongmetee, K., Thawornchinsombut, S., Pitirit, T., Yongsawatdigul, J. and Park, J.W. (2009). Functional properties of protein hydrolysates prepared from alkali-aided protein extraction of hybrid catfish frame. Trends in Food Science & Technology, 1, 71-81.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Wasswa, J., Tang, J., Gu, X.H. and Yuan, X.Q. (2007). Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (Ctenopharyngodon idella) skin. Food Chemistry, 104(4), 1698-1704. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.044

Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Duan, Y. and Ma, H. (2020). Plant protein-derived antioxidant peptides: Isolation, identification, mechanism of action and application in food systems: A review. Trends in Food Science & Technology, 105, 308-322. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.019

Wu, D., Tu, M., Wang, Z., Wu, C., Yu, C., Battino, M., El-Seedi, H.R. and Du, M. (2020). Biological and conventional food processing modifications on food proteins: Structure, functionality, and bioactivity. Biotechnology Advances, 40, 107491. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.107491

Yıldız, N. ve Bircan, H. (1991). Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 704-308- 60.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

USE OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS IN MILK AND DAIRY PRODUCTS

Dr. Ezgi EDEBALİ

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye; ezgi4955@hotmail.com; https://orcid.org/0000-0001-6912-7569

Asst. Prof. Murat Emre TERZİOĞLU*

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye; murat.terzioglu@atauni.edu.tr; https://orcid.org/0000-0001-6370-0694

Prof. Dr. İhsan BAKIRCI

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye; ibakirci@atauni.edu.tr; https://orcid.org/0000-0002-3744-3863

*Corresponding author e-mail: murat.terzioglu@atauni.edu.tr

ABSTRACT

Products produced using genetic engineering techniques and resulting in the transfer of a feature that does not exist in food or the modification of an undesirable feature are known as genetically modified organisms (GMO). These products, produced using modern biotechnology methods, meet consumer demands. GMOs are used to meet the demands due to decreasing world resources, environmental destruction and decreasing productivity from agricultural lands due to climate change. The nutritional needs of consumers can be met with plant and animal products produced using modern biotechnological methods. Thanks to indirect and direct gene transfer methods, the desired gene can be easily transferred to the target food. In milk and dairy products, where these techniques are frequently used, either direct gene transfer is made or changes are made on the animal. GMO milk can be produced for individuals who develop allergic reactions to milk proteins and milk sugar lactose, thus reducing these complaints in individuals. Additionally, efficiency can be increased by increasing the protein levels in milk. Cheese is produced by adding different coagulating enzymes to milk. In order to reduce the dependence on this enzyme, known as rennet and obtained from the calf's shirden (from the fourth stomach of young ruminant calves called abomasum), this gene, which provides the clotting factor, is transferred to microorganisms. In this way, the calf is prevented from being slaughtered solely for enzymes and the dependence on the enzyme requirement, which has increased due to the increase in cheese production over the years, is reduced. GMO lactic acid bacteria are also used in yoghurts produced by fermentation of milk. In this way, the shelf life of the products is extended and efficiency is increased. Since the bacteria added to these yoghurts, known as bioengineered yoghurts, are generally added for health-supporting and therapeutic purposes, they should be consumed in sufficient amounts. On the other hand, studies have shown that GMOs, which have become increasingly common in recent years, have caused various health problems. In addition, the transfer of allergic genes is among the possible dangers of triggering these reactions even more.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Keywords: Genetically modified organisms (GMO), Milk and dairy products, Food engineering, Human health

1. INTRODUCTION

Increasing world population and insufficient agricultural areas are becoming a growing problem in human nutrition and food security. Especially individuals living in developing countries suffer from malnutrition (Anonymous, 2013). In addition, climate changes and environmental destruction cause a decrease in agricultural land, which leads to difficulties in meeting increasing food demands (Hanjra and Qureshi, 2010). In order to overcome these difficulties, the 'Biotechnology Revolution' has started with the use of genetic engineering techniques that have developed over time. With the use of modern biotechnology and genetic modification techniques, food quality can be improved and production potential can be increased (Barros et al., 2019). In this way, quality and cheaper seeds can be produced in a short time (Çetiner, 2010; Yılmaz, 2014). In addition, with the use of this technology, food wastage is reduced and essential nutrients of foods can be enriched at an affordable cost (Hanlon and Sewalt, 2021).

Genetic modification (GM) is the alteration of the organism's genetic material by using genetic engineering techniques in a way that does not occur naturally (Wolt et al., 2016). Transgenic plants and animals are obtained by this method known as 'Recombinant DNA Technology' (Haspolat, 2012). Transgenesis is a classical DNA modification methodology that enables the production of crops with targeted properties based on transgenes. This method allows the modification of DNA to ensure the transfer of foreign genes to targeted regions in crops (Sprink et al., 2016). In other words, crop varieties developed with the use of transgenesis are considered as genetic modification organisms (Hundleby and Harwood, 2019). The products produced with the use of these techniques are either offered directly to human nutrition or used as animal feed (Flachowsky et al., 2012). Especially in the mid-1990s, the rate of use of GMO products has gradually increased due to their commercialization (Anonymous, 2017). Alfalfa, the first GMO forage plant commercialized in the USA, is known as first generation transgenic. Mostly used as animal feed, alfalfa is an important legume feed in temperate regions (van Deynze et al., 2004). Perennial rye plants have also been developed using transgenic technologies. By introducing manipulated perennial ryegrass genes into transgenic plants, crops that can be considered as third generation transgenic have been obtained (Panter et al., 2017). In addition, biomass was increased by fructan accumulation in the leaves of transgenic plants, and thus, beneficial results were obtained, especially for ruminants that feed on leaves (Lee et al., 2003).

The utilization of foods of animal origin plays an important role in the nutrition of developing societies, especially those living in arid areas. Since these products are rich in protein sources required by the human body, they contribute to human nutrition and health (Godfray et al., 2010). In order to meet the protein demand of the increasing population, sufficient farm land and water resources are needed. However, various difficulties are encountered in meeting these demands due to climate changes and destruction of natural areas (Sakadevan and Nguyen, 2017). In order to overcome these problems, genetic modifications are made to increase productivity in animals (Cebirbay and Aktaş, 2018).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2. GENE TRANSFER METHODS

Gene transfers to plants are carried out directly or indirectly. Direct gene transfer can be performed by gene gun, microinjection and gene transfer to protoplasts (Attar, 2017; Kalefetoğlu Macar et al., 2017). In gene transfer using a gene gun, the carrier disc is coated with the desired gene and sent to the plant tissue by applying force with micro bullets. The transgenes released by hitting the surface are fused with the host DNA and the transfer is completed. However, since this method is quite expensive and causes gene loss, it may require continuous optimization (Kalefetoğlu Macar et al., 2017). In the microinjection method, the targeted genes are transferred by injection into the host cell under a microscope. Gene transfer to protoplasts is performed using high voltage. In this way, gene transfer is achieved by sending the targeted DNA into the pores created by the electric current generated (Attar, 2017).

Agrobacterium tumefaciens bacteria are generally used in indirect gene transfer. This bacterium infects the plant and forms a tumor. The desired genes are transferred to these tumor genes belonging to the bacterium and the plant is infected and these genes are transferred (Yılmaz, 2014).

3. USE OF GMOS IN MILK AND DAIRY PRODUCTS

3.1. GMO Uses in Milk

Milk is known as a highly effective nutrient in human health due to its composition (Scudino et al., 2020). Therefore, it has a very important place in the daily diet (Seçkin and Baladura, 2011). Milk is known as a food that should be consumed by all age groups, especially children and young people, as it contains high calcium as well as vitamins $B_1/B_2/B_3/B_{12}$ and protein (Scudino et al., 2020). However, milk proteins are perceived as a foreign substance in the body of some people and various allergic reactions may develop (Gusmao-Silva et al., 2020). In addition, lactose intolerance, which is caused by insufficient lactase enzyme to break down lactose, the characteristic sugar of milk, in human intestines and seen in an average of 65% of the world population, negatively affects milk consumption of individuals (Catanzaro et al., 2021).

From a commercial point of view, the yield obtained from milk varies in various geographical regions of the world depending on regional conditions. By using genetic engineering techniques, commercial yield can be increased on the basis of protecting human health. In addition, animal diseases can be reduced and animal welfare can be increased after genetic modification (Whitelaw et al., 2016). The main goal of genetic engineering is to increase milk yield while optimizing animal health and to produce alternative and more suitable dairy products (Fahrenkrug et al., 2010). In particular, recombinant growth hormone (rbGH) is given to dairy animals by farmers to produce high levels of milk (Dona and Arvanitoyannis, 2009).

Milk and dairy products are known to be a rich source of protein. Milk proteins are divided into casein and serum proteins. Casein is divided into α-, β- and κ-casein fractions. These sub-fractions of casein play a role in micelle formation, heat stability and processing properties. It is stated that the yield can be increased by changing the β- and κ-casein ratios by using genetic engineering techniques to increase the protein content of milk and improve its processing properties (Brophy et al., 2003). Murray and Maga (2010) designed a microRNA targeting β-

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

lactoglobulin in both ovine and bovine animals using genetic engineering techniques. They were able to increase the amount of β-lactoglobulin, which is normally very low in milk, thanks to this microRNA. By making a new regulation in the ratios of serum proteins, they ensured that the deficiency of β-lactoglobulin in serum proteins was eliminated. In addition to α- and β-casein, they found that the amount of α-lactalbumin was two times higher and the amount of κ-casein was four times higher thanks to this microRNA.

3.2. Use of GMOs in Cheese Production

Milk can be converted into cheese by using some coagulation techniques. The enzyme rennet (chymosin) obtained from cattle is known as the main enzyme responsible for milk coagulation. Chymosin recognizes and partially hydrolyses κ-casein, which consists of hydrophobic and hydrophilic structures and is found on the surface of caseins in milk (Luerce et al., 2014). Cheeses produced by enzyme coagulation cover 75% of total cheese production. Depending on the increase in cheese production worldwide over the years, the need for rennet is also increasing. It is not enough to use calves continuously to meet this increasing need. Scientists have recently started to use different techniques to meet the need for rennet (Coşkun and Akgündüz, 2020). In order to produce recombinant rennet using genetic engineering techniques, the relevant gene can be transferred to various microorganisms, including *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* and *Kluyveromyces lactis*, and cheese production can be realized in this way (Luerce et al., 2014). Genes encoding the enzyme chymosin were isolated from calf shirden and transferred to these microorganisms. In this way, recombinant chymosin was obtained using transgenic microorganisms (Çakmakçı et al., 2017). These products, referred to as engineered milk, reduce the dependence of the milk on the shirden obtained from the calf and allow the milk to coagulate with rennet in a shorter time (Cooper et al., 2014). In addition, the main advantages of this method are that calves do not need to be slaughtered only for enzyme production, sufficient production can be made to meet the demand, it has more coagulant activity, and it can be obtained purer than rennet (Çakmakçı et al., 2017). In cheeses where rennet obtained with the use of this technology was used as a coagulant, 60% harder clot development was achieved (Atsan and Kaya, 2008). GMO-based rennet is used in approximately 80% of cheese production worldwide (Johnson and Lucey, 2006).

Genetically modified microorganisms allow the production of large quantities of pure rennet at very low cost (De Azevedo et al., 2012). Çepoğlu and Güler-Akın (2013) produced white cheese with microbially produced rennet (recombinant enzyme obtained from *Aspergillus niger* spp. *awamori* and microbial rennet obtained from *Rhizomucor miehei*) obtained from calves. They also determined that recombinant rennet can be used as an alternative to other enzymes in white cheese samples produced using microbial enzymes.

As it is known, starter cultures are used to convert milk into different dairy products (kefir, yoghurt, cheese). Lactic acid bacteria in the starter culture class provide the formation of the typical taste, smell and aroma specific to the product. In addition, lactic acid bacteria also increase the durability and nutritional value of the products. However, the use of genetically modified lactic acid bacteria has been found to have similar effects. The quality characteristics of Roquefort cheeses produced by using *Lactobacillus lactis* strains were improved (Sybesma et al., 2006). De Azevedo et al. (2012) determined that *Lactococcus lactis* NCDO2118 strain,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

which can easily express and control heterologous protein secretion using the XIES system (genetic tool used to obtain biomolecules), can be used as an alternative in rennet production and can be used safely to increase yield in cheese production.

3.3. GMO use in Yoghurt Production

Compared to milk, yoghurt is a more nutritious food product as a source of calcium, protein, riboflavin, vitamin B_{12}, thiamine, phosphorus, zinc, magnesium, folate and niacin. Yoghurt is known as a popular fermented milk product that is biochemically modified by special microorganisms to achieve targeted sensory and functional properties (Jummai and Balogu, 2023). By adding lactic acid bacteria to products such as yoghurt and cheese, the unique taste, odour and aroma of the products are supported (Olabinjo et al., 2020). Lactic acid bacteria are gram (+) bacteria that can produce lactic acid as the final major product in glycol fermentation. They are classified according to their phenotypic and metabolic characteristics such as their cellular morphology, growth conditions and their ability to produce metabolites that can inhibit the growth of other microorganisms during the fermentation phase (Mokoena, 2017). The active use of lactic acid bacteria in food fermentations to improve various properties such as nutritional values (such as increased vitamin production), organoleptic quality (flavor formation) and technofunctionality (polysaccharide formation) has been increasing recently (De Vuyst and Weckx, 2016). Genome modification of bacteria can be utilized to improve these properties. For example, changes can be made on predicted genes to evaluate the function and phenotype of exopolysaccharides whose production is not fully understood (Derkx et al., 2014; Zeidan et al., 2017). In order to improve the properties of microorganisms such as *Lactococcus lactis*, phage resistance factor can be added using genetic engineering techniques (Stuer-Lauridsen and Janzen, 2012). In addition, the use of genetically modified *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in yoghurt production has been found to extend the shelf life of the product (Sybesma et al., 2006).

Yoghurt, a fermented product that is consumed worldwide and carries nutritious components for human nutrition, is known as a food that is frequently fortified for individuals suffering from micro nutrient deficiency (Jummai and Balogu, 2023). Yoghurt fortified with genetically modified organisms is defined as bioengineered yoghurt. Most of the genetically modified bacteria added to yoghurt products are added for therapeutic purposes and it has been reported that these products should be consumed in sufficient quantities to systematically provide health benefits (Baban et al., 2010). It has also been emphasized that the consumption of bioengineered yoghurt has a positive effect on strengthening the immune system and preventing some diseases (Jummai and Balogu, 2023). In particular, genetically modified anaerobic and facultative anaerobic bacteria added to yoghurt aim to colonize necrotic and hypoxic areas in tumors (Baban et al., 2010). The consumption of bioengineered yoghurt, which provides an effective bacteriotherapy due to health problems caused by the global food crisis, metabolic disorders and drug resistance, has recently become a trend (Jummai and Balogu, 2023).

4. RISKS OF USING TRANSGENIC PRODUCTS

Food security is one of the biggest concerns for the increasing global population. With the use of modern biotechnologies such as genetic modification, possible solutions are offered by

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

aiming to increase production and use natural resources more efficiently (Giraldo et al., 2019). However, genetic modifications, which are frequently used today, also bring various health problems. The most debated issue is the risk of the emergence of new allergic proteins as the transfer of the gene encoding the allergic property of a food increases the allergic properties of the transferred product. It has been emphasized that soy allergies increased by 50% on average after the consumption of transgenic soybeans in the UK, and various allergic reactions were detected in the eyes, skin and upper respiratory tract in workers picking cotton containing Bt toxin in India (Şen and Altınkaynak, 2014).

It was found that the milk of cows fed with GMO foods contained genetic materials belonging to these foods and these DNAs became more resistant to pasteurization (Agodi et al., 2006). In dairy products, it has been found that the growth hormone (rbGH) given to dairy animals by milk producers to increase yield increases IGF-I (insulin-like growth hormone) levels in consumers. It has been observed that these components, which enter the human body, effectively stimulate the proliferation of cancer cells (Dona and Arvanitoyannis, 2009). Hassan and Ali (2012) concluded that genetically modified DNA fragments were found in products (cream and cheese) produced with milk obtained from animals fed with GMO feeds and that these DNAs from feed were transferred to animal products. However, De Giacomo et al. (2016) stated in their study that they did not detect recombinant DNA in milk, muscle, blood, kidney, liver and spleen of cows fed with transgenic maize.

While food labelling of genetically modified products is mandatory in many countries, the US authorities consider GMO labelling as a voluntary action (Huffman and McCluskey, 2017). While the legal tolerance value of these products is 5 per cent in the USA, Canada and Japan, the legal limit is accepted as 1 per cent in countries such as Australia, New Zealand and China. Therefore, the implementation of labelling policies will facilitate the sale of the product in the commercial market, as it enforces compliance with a legal tolerance (Ramessar et al., 2010). As a result, it is emphasized that new products with genetically modified materials should be subjected to safety audits to fulfil legal requirements before marketing (Giraldo et al., 2019).

5. CONCLUSION

GMOs are used in milk and dairy products due to factors such as increasing productivity, extending shelf life, enrichment due to lack of essential nutrients. It is known that the reduction of allergies to milk proteins can be prevented by the use of GMOs, as well as providing comfort for individuals who cannot consume lactose. In cheese production, dependence on rennet is reduced and increased production can be met microbially. GMO used in yoghurt production can extend shelf life and increase yield. In addition, human health is improved with GMO bacteria added to yoghurt. GMOs, which have recently become widespread and used in many products, trigger various diseases. In some cases, their use poses a risk as it causes an increase in allergic reactions and causes various health problems in the eye, skin and upper respiratory tract. For this reason, despite some of the benefits provided by GMO foods, when the problems caused or may be caused by GMO foods are taken into consideration, it has revealed that these foods should not be used without the necessary analyses and inspections.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

REFERENCES

Anonymous, (2013). World Hunger and Poverty Facts and Statistics https://www.worldhunger.org/articles/Learn/old/world%20hunger%20facts%202002_2012version.htm. (Access date: 25.07.2024).

Anonymous, (2017). International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Global status of commercialized biotech/GM crops in 2017: Biotech crop adoption surges as economic benefits accumulate in 22 years. *ISAAA Brief 53-2017. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA)*.

Agodi, A., Barchitta, M., Grillo, A., & Sciacca, S. (2006). Detection of genetically modified DNA sequences in milk from the Italian market. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *209*(1), 81-88.

Atsan, T., & Kaya, T. E. (2008). Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) tarım ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *22*(2), 1-6.

Attar, A. (2017). Gen terapi yöntemleri: Fiziksel ve kimyasal metodlar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, *74*(1), 103-112.

Baban, C. K., Cronin, M., O'Hanlon, D., O'Sullivan, G. C., & Tangney, M. (2010). Bacteria as vectors for gene therapy of cancer. *Bioengineered Bugs*, *1*(6), 385-394.

Barros, J., Temple, S., & Dixon, R. A. (2019). Development and commercialization of reduced lignin alfalfa. *Current Opinion in Biotechnology*, *56*, 48-54.

Brophy, B., Smolenski, G., Wheeler, T., Wells, D., L'Huillier, P., & Laible, G. (2003). Cloned transgenic cattle produce milk with higher levels of β-casein and κ-casein. *Nature Biotechnology*, *21*(2), 157-162.

Catanzaro, R., Sciuto, M., & Marotta, F. (2021). Lactose intolerance: An update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Nutrition Research*, *89*, 23-34.

Cebirbay, M. A., & Aktas, N. (2018). Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) ve etkileri. Gastronomide Güncel Konular, *Billur Yayınevi*, 309-325.

Cooper, C. A., Maga, E. A., & Murray, J. D. (2014). Consumption of transgenic milk containing the antimicrobials lactoferrin and lysozyme separately and in conjunction by 6-week-old pigs improves intestinal and systemic health. *Journal of Dairy Research*, *81*(1), 30-37.

Coşkun, H., & Akgündüz, S. N. (2020). Peynir mayası üretiminde helal ve haram yaklaşımlar. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, *2*(2), 34-53.

Çakmakçı, S., Cantürk, A., & Çakır, Y. (2017). Peynir üretimi için sütü pıhtılaştıran enzimlere genel bir bakış ve güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, *15*(4), 396-408.

Çepoğlu, F., & Güler-Akın, M. B. (2013). Effects of coagulating enzyme types (commercial calf rennet, *Aspergillus niger* var. *awamori* as recombinant chymosin and *Rhizomucor miehei* as microbial rennet) on the chemical and sensory characteristics of white pickled cheese. *African Journal of Biotechnology*, *12*(37), 5588-5594.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çetiner, S. (2010). Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) nedir? sorular ve yanıtlar-1. *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, *10*(38), 40-54.

De Azevedo, M. S. P., Rocha, C. S., Electo, N., Pontes, D. S., Molfetta, J. B., Gonçalves, E. D. C., & Miyoshi, A. (2012). Cytoplasmic and extracellular expression of pharmaceutical-grade mycobacterial 65-kDa heat shock protein in *Lactococcus lactis*. *Genetics and Molecular Research*, *11*(2), 1146-1157.

De Giacomo, M., Di Domenicantonio, C., De Santis, B., Debegnach, F., Onori, R., & Brera, C. (2016). Carry-over of DNA from genetically modified soyabean and maize to cow's milk. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *25*(2), 109-115.

Derkx, P. M., Janzen, T., Sørensen, K. I., Christensen, J. E., Stuer-Lauridsen, B., & Johansen, E. (2014). The art of strain improvement of industrial lactic acid bacteria without the use of recombinant DNA technology. *Microbial Cell Factories*, *13*, 1-13.

De Vuyst, L., & Weckx, S. (2016). The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development. *Journal of Applied Microbiology*, *121*(1), 5-17.

Dona, A., & Arvanitoyannis, I. S. (2009). Health risks of genetically modified foods. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, *49*(2), 164-175.

Fahrenkrug, S. C., Blake, A., Carlson, D. F., Doran, T., Van Eenennaam, A., Faber, D., & Glenn, B. P. (2010). Precision genetics for complex objectives in animal agriculture. *Journal of Animal Science*, *88*(7), 2530-2539.

Flachowsky, G., Schafft, H., & Meyer, U. (2012). Animal feeding studies for nutritional and safety assessments of feeds from genetically modified plants: a review. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, *7*, 179-194.

Giraldo, P. A., Shinozuka, H., Spangenberg, G. C., Cogan, N. O., & Smith, K. F. (2019). Safety assessment of genetically modified feed: is there any difference from food?. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 1592.

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute I. R, Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, *327*(5967), 812-818.

Gusmao-Silva, G., Aguiar, S. L. F., Miranda, M. C. G., Guimarães, M. A., Alves, J. L., Vieira, A. T., ... & Faria, A. M. C. (2020). Hsp65-producing *Lactococcocus lactis* prevents antigen-induced arthritis in mice. *Frontiers in Immunology*, *11*, 562905.

Hanjra, M. A., & Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, *35*(5), 365-377.

Hanlon, P., & Sewalt, V. (2021). GEMs: genetically engineered microorganisms and the regulatory oversight of their uses in modern food production. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(6), 959-970.

Hassan, K. I., & Ali, A. A. (2012). Detection of genetically modified DNA in milk using species specific PCR. *Journal of American Science*, *8*(9), 248-252.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Haspolat, I. (2012). Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve biyogüvenlik. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *59*(1), 75-80.

Huffman, W., & McCluskey, J. (2017). Food labels, information, and trade in GMOs. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, *15*(1), 20160038.

Hundleby, P. A. C, & Harwood, W. A. (2019). Impacts of the EU GMO regulatory framework for plant genome editing. *Food and Energy Security*, *8*(2), e00161.

Johnson, M. E., & Lucey, J. A. (2006). Major technological advances and trends in cheese. *Journal of Dairy Science*, *89*(4), 1174-1178.

Jummai, J. M., & Balogu, V. T. (2023). Fortified and bioengineered yoghurt: prospects for bacteriotherapy and nutrient deficiency management. *Gadau Journal of Pure and Allied Sciences*, *2*(2), 83-92.

Kalefetoğlu Macar, T., Macar, O., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. (2017). Gen teknolojisi ve bitkilerde genetik transformasyon yöntemleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *17*(2), 377-392.

Lee, M. R., Merry, R. J., Davies, D. R., Moorby, J. M., Humphreys, M. O., Theodorou, M. K., & Scollan, N. D. (2003). Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on in vitro rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, *104*(1-4), 59-70.

Luerce, T. D., Azevedo, M. S. P., LeBlanc, J. G., Azevedo, V., Miyoshi, A., & Pontes, D. S. (2014). Recombinant *Lactococcus lactis* fails to secrete bovine chymosine. *Bioengineered*, *5*(6), 363-370.

Mokoena, M. P. (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens: a mini-review. *Molecules*, *22*(8), 1255.

Murray, J. D., & Maga, E. A. (2010). Is there a risk from not using GE animals?. *Transgenic Research*, *19*, 357-361.

Olabinjo, O. O., Okunola, A. A., & Olumurewa, J. A. V. (2020, February). Genetically modified foods: pathway to food security. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 445, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.

Panter, S., Mouradov, A., Badenhorst, P., Martelotto, L., Griffith, M., Smith, K. F., & Spangenberg, G. (2017). Re-programming photosynthetic cells of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L) for fructan biosynthesis through transgenic expression of fructan biosynthetic genes under the control of photosynthetic promoters. *Agronomy*, *7*(2), 36.

Ramessar, K., Capell, T., Twyman, R. M., & Christou, P. (2010). Going to ridiculous lengths—European coexistence regulations for GM crops. *Nature Biotechnology*, *28*(2), 133-136.

Sakadevan, K., & Nguyen, M. L. (2017). Livestock production and its impact on nutrient pollution and greenhouse gas emissions. *Advances in Agronomy*, *141*, 147-184.

Seçkin, A. K., & Baladura, E. (2011). Süt ve süt ürünlerinin fonksiyonel özellikleri-functional properties of milk and dairy products. *Celal Bayar University Journal of Science*, *7*(1), 27-38.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Sprink, T., Eriksson, D., Schiemann, J., & Hartung, F. (2016). Regulatory hurdles for genome editing: process-vs. product-based approaches in different regulatory contexts. *Plant Cell Reports*, *35*, 1493-1506.

Scudino, H., Silva, E. K., Gomes, A., Guimarães, J. T., Cunha, R. L., Sant'Ana, A. S., ... & Cruz, A. G. (2020). Ultrasound stabilization of raw milk: Microbial and enzymatic inactivation, physicochemical properties and kinetic stability. *Ultrasonics sonochemistry*, *67*, 105185.

Stuer-Lauridsen, B., & Janzen, T. (2012). U.S. Patent No. 8,137,950. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Sybesma, W., Hugenholtz, J., De Vos, W. M., & Smid, E. J. (2006). Safe use of genetically modified lactic acid bacteria in food: bridging the gap between consumers, green groups, and industry. *Electronic Journal of Biotechnology*, *9*(4), 424-448.

Şen, S., & Altınkaynak, S. (2014). Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve potansiyel sağlık riskleri. *Sakarya University Journal of Science*, *18*(1), 31-38.

van Deynze, A., Putnam, D., Orloff, S., Lanini, T., Canevari, M., Vargas, R., ... & Teuber, L. (2004). *Roundup ready alfalfa: an emerging technology*. UCANR Publications.

Whitelaw, C. B. A., Joshi, A., Kumar, S., Lillico, S. G., & Proudfoot, C. (2016). Genetically engineering milk. *Journal of Dairy Research*, *83*(1), 3-11.

Wolt, J. D., Wang, K., & Yang, B. (2016). The regulatory status of genome-edited crops. *Plant Biotechnology Journal*, *14*(2), 510-518.

Yılmaz, F. (2014). Bitkisel üretimde genetiği değiştirilmiş organizmalar ve ürünleri ile biyogüvenlik. T.C. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, 221 ss.

Zeidan, A. A., Poulsen, V. K., Janzen, T., Buldo, P., Derkx, P. M., Øregaard, G., & Neves, A. R. (2017). Polysaccharide production by lactic acid bacteria: from genes to industrial applications. *FEMS Microbiology Reviews*, *41*(Supp_1), S168-S200.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KENTSEL TASARIMDA OCEAN METODUNUN KULLANIM POTANSİYELİ

Yl. Öğr., Fatma ERDOĞAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, fatmayetisir@hotmail.com - 0000-0002-4087-3960
Doç. Dr., Elif SAĞLIK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, elifsaglik@comu.edu.tr - 0000-0002-5230-3869

ÖZET

Kent, farklı disiplinlerce çeşitli biçimlerde tanımlanan, ekonomik, toplumsal ve kültürel işlevlerin yoğunlaştığı dinamik bir yaşam alanıdır. Hızlı nüfus artışı, yoğun yapılaşma, trafik, alışveriş merkezleri ve sanayi alanlarının genişlemesi, yerel kimliğin zayıflaması ve kullanıcı ihtiyaçlarının göz ardı edilmesi gibi faktörler, modern kentlerin yaşanabilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukların giderilmesi veya en aza indirilmesi için kentsel tasarım disiplininden yararlanılabilir. Kentsel tasarım, kullanıcı odaklı olarak bireylerin fiziksel, sosyal ve ruhsal iyilik hâlini destekleyen, kapsayıcı ve sürdürülebilir kent mekânları üretmeyi amaçlamaktadır. Bireylerin kişilik yapıları, çevreyle etkileşim biçimleri ve mekân deneyimleri, kentsel tasarım sürecinde doğrudan göz önünde bulundurulabilir. Bu noktada, Beş Faktör Modeli olarak bilinen OCEAN Metodu, kişilik özelliklerinin mekânsal kararlar üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir araç sunmaktadır. OCEAN kişilik boyutları, kullanıcıların sosyal etkileşim, dinlenme, yaratıcılık ve toplulukla ilişkili eğilimlerini dikkate alarak kentsel mekânların daha kapsayıcı ve kullanıcı odaklı biçimde tasarlanmasına yön verebilir. Yenilikçi mekânsal düzenlemelerin tarihsel ve kimlik koruyucu alanlarla dengeli bir şekilde bütünleştirilmesi ise farklı kişilik profillerine hitap eden, psikolojik konforu yüksek ve sürdürülebilir kent mekânlarının geliştirilmesine katkı sunabilir. OCEAN Metodu'nun kentsel tasarıma entegrasyonu, kullanıcıların farklı kişilik özelliklerine uyum sağlayan, daha kapsayıcı, sürdürülebilir ve psikolojik açıdan sağlıklı kent mekânlarının oluşturulmasına imkân tanıyabilir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Tasarım, Kent, Kullanıcı Odaklı Kent, OCEAN Metodu / Beş Faktör Modeli

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. GİRİŞ

Kent, farklı disiplinlerce farklı bakış açılarıyla ele alınan ve bu nedenle üzerinde uzlaşılan tek bir tanımı bulunmayan bir yerleşim biçimidir. Basit düzeyde bir veya birden fazla konutun varlığından öteye geçen kent, tarımsal faaliyetlerden çok ticaret, iş ve çeşitli ekonomik ilişkilerle şekillenen bir mekândır. İstatistiksel tablolarla bütünüyle açıklanamayacak ölçüde karmaşık bir yapıya sahip olan kent, insanların bir arada yaşadığı; ekonomik, toplumsal ve kültürel olanakların yoğunlaştığı bir yaşam alanıdır. Çeşitliliği ve zenginliğiyle öne çıkan kent, eğitimden sağlığa, sanattan eğlenceye, iş ve üretim olanaklarından sosyal yaşam alanlarına kadar geniş bir yelpazede hizmetler sunar. Parkları, oyun ve spor alanları, caddeleri, sokak düzenlemeleri, trafik ve otopark imkânlarıyla fiziksel çevreyi düzenlerken; sürdürülebilirlik ve yaşanabilirlik ölçütleriyle de geleceğe yönelik bir yaşam vizyonu taşır. Sanayiyle iç içe olabilen ya da olmayan kent, ağacıyla, çiçeğiyle, kültürel birikimi ve ekonomik faaliyetleriyle sürekli gelişen dinamik bir yerleşim olarak tanımlanabilir (Weber, 2022, Çev. V. A. Coşar). Dolayısıyla kent, yalnızca var olan bir yerleşim değil, aynı zamanda tasarım süreciyle biçimlendirilmesi gereken bir yaşam alanıdır.

Kentsel tasarım, kent planlaması ile mimarlık arasında bir ara kesit oluşturan, bu iki alanın kesişiminde yer alan ve disiplinler arası, planlı çalışmayı gerektiren bir alan olarak tanımlanabilir. Ayrıca, fiziksel ve sosyal boyutları bir bütün olarak ele alarak insan merkezli bir yaklaşımı benimseyen kentsel tasarım, mekânın üretimini ve dönüşümünü amaçlayan bir disiplindir. Kentlerin sosyal, ekonomik ve kültürel ihtiyaçlarına yanıt verirken fiziki değişimlerin toplumsal yapı üzerindeki etkilerini dikkate alır ve bu doğrultuda sürdürülebilir, yaşanabilir ve insan odaklı kentsel ortamlar oluşturmayı hedefler (Arısu, 2018).

Büyük kentlerde artan nüfus ve yoğun yapılaşma, motorlu araç trafiğinin çoğalması, çok katlı alışveriş merkezleri ve sanayi-ticaret alanlarının genişlemesi; kullanıcı ihtiyaç ve beklentilerinin, doğal, tarihi ve kültürel değerlerin görece zayıflaması; ayrıca yerel kimliğin bozulması gibi pek çok sorun ortaya çıkarmaktadır. Bu süreç, modern kentlerin fiziksel olarak gelişmiş olmasına rağmen bireyler için yabancılaşmış, güvenlik ve yaşam kalitesi açısından zorlayıcı mekânlar haline gelmesine yol açmaktadır. Kentte yaşayan bireylerin fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden kendilerini iyi hissetmeleri; mekân tasarımına ilişkin planlama ve tasarım kararlarının önemini artırmaktadır. Bu bağlamda, kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımı, kentteki farklı bireylerin artan ihtiyaç ve taleplerine yanıt veren, ergonomik, özgün ve güçlü mekânlar yaratmayı hedeflemekte; bireylerin fiziksel, sosyal ve ruhsal iyilik hâlini destekleyerek daha yaşanabilir kentsel ortamların oluşumuna katkı sağlamaktadır. Kentler, kültürel, maddi ve manevi değerler ile kent sakinlerinin kişilik yapıları doğrultusunda farklı biçimlerde şekillendiğinden, kullanıcı odaklı yaklaşımın her kent özelinde uyarlanması gerekmektedir (Korkut ve Kiper, 2021).

Kişilik, bireyin yaşam tarzını belirleyen temel bir kavramdır. Toplumların yaşam biçimini kültür nasıl şekillendiriyorsa, bireyin kendine özgü yaşama biçimini de kişilik ortaya koyar. Birey, çevresini algılarken ve değerlendirirken kişilik özelliklerinden etkilenir; aynı zamanda

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

bu özellikler onun davranışlarına yön verir. Kişilik, yalnızca çevresel koşullardan etkilenen bir yapı değil, aynı zamanda bireyin iş ortamını ve sosyal çevresini de şekillendiren dinamik bir unsurdur. Tasarımcıların kişilik özelliklerinin kentlerde peyzaj çalışmalarının biçimlenişi ve kullanıcıyla kurulan ilişki üzerinde etkili olup olamayacağı, düşünülmesi ve sorgulanması gereken bir konudur (Sudak ve Zehir, 2013). Tasarım sürecinde bireylerin farklı kişilik özelliklerinin etkilerini sistematik biçimde analiz etmek amacıyla OCEAN Metodu kullanılabilir.

2. OCEAN Metodu ve Kentsel Tasarımdaki Kullanım Potansiyeli

OCEAN Metodu, bireylerin kendilerini ve başkalarını tanımlamak amacıyla kullandıkları sıfatların analizi sonucunda geliştirilen; kişilik psikolojisinde bireyler arasındaki davranışsal farklılıkları beş temel boyut çerçevesinde açıklayan kapsamlı ve tutarlı bir kuramsal yaklaşımdır (Ötken ve Cenkci, 2013; Soba, Şimşek ve Demir, 2019). Metodun temel amacı, kişilik özelliklerinin bireylerin ruh sağlığı, mesleki başarıları, sosyal ilişkileri ve genel yaşam doyumu üzerindeki etkilerini sistematik bir biçimde ortaya koymaktadır (Chen, 2024).Beş Faktör Kişilik Modeli, ilk olarak 1949 yılında Fiske tarafından ortaya atılmış; daha sonraki yıllarda Tupes ve Christal (1961) ile Norman (1963) tarafından geliştirilerek farklı araştırmacılar tarafından tartışılmıştır. McCrae ve Costa, 1983–1985 yılları arasındaki çalışmalarında modeli üç faktörlü bir yapıdan beş faktörlü bir yapıya dönüştürmüş; bu yaklaşım 1992 yılında yapılan düzenlemelerle birlikte kişilik psikolojisinde "Büyük Beşli" olarak kesinleşmiştir (Soba, Şimşek ve Demir, 2019). Beş Faktör Kişilik Modeli; Açıklık (Openness), Sorumluluk (Conscientiousness), Dışadönüklük (Extraversion), Uyumluluk (Agreeableness) ve Nevrotiklik (Neuroticism) boyutlarından oluşmaktadır. OCEAN Metodu adını, bu kişilik özelliklerinin İngilizce karşılıklarının baş harflerinin bir araya gelmesiyle oluşan 'OCEAN' sözcüğünden almaktadır (Chen, 2024).

2.1. Kentsel Tasarımda Nevrotiklik (Neuroticism) Boyutunun Kullanım Potansiyeli

Nevrotiklik, OCEAN metodunun temel boyutlarından biri olarak, bireylerin duygusal kararlılık ve kişisel uyum sürekliliğini belirleyen bir kişilik boyutudur (Bayram, Demirtaş ve Karaca, 2019). Bu boyutta nevrotikliği yüksek düzeyde olan bireyler, duygusal olarak hassas, kaygılı, öfkeli, kin besleme ve depresif özellikler sergileyen, stresle başa çıkmada zorlanan ve zorluklara karşı dirençsiz bireylerdir (Bayram, Demirtaş ve Karaca, 2019; Erden, 2024). Nevrotik bireyler, günlük olaylar karşısında daha fazla stres yaşamakta ve olumsuz durumlara olan eğilimlerini farklı alanlara da yansıtmaktadır (Bayram, Demirtaş ve Karaca, 2019). Bununla birlikte, yüksek nevrotiklik düzeyine sahip kişiler öfkelerini doğrudan ifade etme eğiliminde olmayıp, tartışmalardan kaçınmayı tercih etmektedirler (Erden, 2024). Ayrıca, bu bireylerde kaygı, güvensizlik, endişe, suçluluk ve üzüntü gibi olumsuz duygulanımlar ile birlikte kronik yorgunluk, uykusuzluk, baş ağrısı ve iştahsızlık gibi psikosomatik belirtiler daha sık gözlemlenebilir. Yüksek nevrotiklik düzeyine sahip bireyler genellikle eleştiriye kapalı, mükemmeliyetçi ve kendilik algısını kabul etmekte güçlük yaşayan kişiler olarak da tanımlanabilir (Tatlıoğlu, 2013) Düşük puan alan bireyler ise sakin, uyumlu, kendine güvenen ve stresörler karşısında dirençli bireylerdir (Bayram, Demirtaş ve Karaca, 2019; Erden, 2024).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Nevrotiklik, depresyon, şizofreni, diyabet, astım, huzursuz bağırsak sendromu ve kalp hastalığı gibi sağlık sorunları için bir risk faktörü olmasının yanı sıra, bireyin psikolojik sağlığı ve sosyal ilişkileri üzerinde de belirleyici bir etkiye sahiptir (Erden, 2024; Tatlılıoğlu, 2013).

Nevrotiklik boyutu, bireylerin stres, kaygı ve olumsuz duygulanımlara karşı verdikleri tepkileri açıklaması bakımından kentsel tasarım sürecinde dikkate alınabilecek önemli bir parametre olarak değerlendirilebilir. Nevrotiklik düzeyi yüksek kullanıcılar için kent mekânları, gürültü, kalabalık ve yoğun çevresel uyaranlardan kaynaklanan stres faktörlerini artırma riski taşımaktadır. Bu nedenle, sakinlik ve huzur hissi uyandıran peyzaj düzenlemeleri, yeşil alanların varlığı, açık-kapalı mekân dengesi, gölgelik alanlar ve sessiz dinlenme bölgeleri nevrotik eğilimleri yüksek bireylerin kent mekânlarında daha sağlıklı deneyimler yaşamasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, nevrotikliğin düşük düzeyde olduğu bireyler, daha sosyal, öz güvenli ve duygusal olarak dengeli yapıları nedeniyle yoğun etkileşim ve hareketlilik içeren kentsel mekânlardan daha fazla fayda sağlayabilmektedir. Dolayısıyla, OCEAN metodunun bu boyutu, farklı kullanıcı profillerinin psikolojik ihtiyaçlarını anlamaya ve buna uygun mekânsal stratejiler geliştirmeye olanak tanımaktadır. Kentsel tasarımda nevrotiklik faktörünün göz önünde bulundurulması, yalnızca bireysel refahın artırılmasına değil, aynı zamanda toplumsal düzeyde daha kapsayıcı ve psikolojik açıdan sağlıklı kent mekânlarının üretimine katkı sunabilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

2.2. Kentsel Tasarımda Dışadönüklük (Extraversion) Boyutunun Kullanım Potansiyeli

Dışadönüklük, bireylerin sosyal etkileşimlere açık olma, başkalarıyla iletişim kurma, enerji ve canlılık gösterme ve olumlu duygular deneyimleme eğilimlerini açıklayan bir kişilik boyutudur (Çetin ve Şahin, 2018). Bu boyutta yüksek düzeyde olan bireyler enerjik, konuşkan, sıcakkanlı, neşeli, hırslı ve katılımcı bireylerdir; sosyal çevreleriyle etkileşim kurma ve fiziksel olarak aktif olma eğilimleri ön plandadır (Çetin ve Şahin, 2018; Korkut-Owen, 2021). Dışadönüklük, yalnızca içedönüklüğün zıttı olarak tanımlanamaz; düşük düzeyde dışadönüklüğe sahip bireyler mesafeli, yalnız kalmayı tercih eden, ağırbaşlı ve mütevazı özellikler sergileyen içedönük bireylerdir. Bu boyutu oluşturan temel özellikler arasında sıcaklık, açık sözlülük, sosyallik, girişkenlik, enerji düzeyi, heyecan arayışı ve olumlu duygulanım deneyimi yer almakta, bireylerin sosyal katılım ve etkileşimde bulunma kapasitesini belirlemektedir (Korkut-Owen, 2021). Dışadönüklük, sosyal etkileşimlerde aktif olmayı kolaylaştırmakta, psikolojik yardım talep etme ve çevresel fırsatları değerlendirme gibi davranışsal eğilimleri de şekillendirmektedir (Çetin ve Şahin, 2018)

Dışadönüklük boyutu, bireylerin sosyal ilişkiler kurma eğilimlerini, enerji düzeylerini ve çevreyle etkileşim biçimlerini açıklaması bakımından kentsel tasarım açısından dikkate değer bir ölçüt sunmaktadır. Dışadönüklük düzeyi yüksek bireyler için kent mekânlarının sosyal etkileşime olanak tanıyan, dinamik ve kullanıcıyı bir araya getiren niteliklere sahip olması önemlidir. Meydanlar, yaya odaklı buluşma alanları, açık hava etkinlik mekânları, kamusal sanat uygulamaları ve kolektif kullanıma açık sosyal donatılar bu kullanıcı profili için etkileşim ve katılımı artırıcı işlev görebilmektedir. Buna karşılık, düşük dışadönüklük düzeyine sahip bireyler daha çok sakinlik, mahremiyet ve kontrollü sosyal ilişkiler arayışında olduklarından,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

kentsel tasarımda bu ihtiyaca yönelik daha küçük ölçekli, yarı özel ya da yarı kamusal mekânlara gereksinim duyarlar. Sessiz okuma köşeleri, küçük park alanları, bireysel dinlenme noktaları veya daha az yoğunluklu sosyal mekân kurguları bu kullanıcı grubu için uygun çözümler sunabilir. Dolayısıyla, dışadönüklük faktörünün kentsel tasarıma entegrasyonu, farklı kişilik özelliklerine sahip kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak çeşitlilikte mekânsal düzenlemeler geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, sosyal sürdürülebilirliği güçlendirirken aynı zamanda kent mekânlarının farklı kullanıcı profilleri tarafından daha kapsayıcı bir şekilde deneyimlenmesine katkı sunmaktadır.

2.3. Kentsel Tasarımda Açıklık (Openness) Boyutunun Kullanım Potansiyeli

Açıklık boyutu, bireylerin yeni deneyimlere, düşüncelere ve duygulara karşı ne ölçüde ilgili ve meraklı olduklarını ifade eden bir kişilik özelliğidir. Bu boyut, bireyin yaratıcılık düzeyini, estetik duyarlılığını ve entelektüel ilgilerini yansıtır (Basım, Çetin ve Tabak, 2009). Açıklık düzeyi yüksek bireyler genellikle hayal gücü kuvvetli, yeniliklere açık, sanatsal ve felsefi konulara ilgi duyan kişiler olarak tanımlanırken; düşük açıklık düzeyine sahip bireyler daha geleneksel, tutucu ve rutinleri tercih eden bir yapıya sahiptir (Tatlıoğlu, 2013). Bu kişilik özelliği, bireylerin çevresel değişimlere nasıl tepki verdiğini ve farklı fikirleri değerlendirme eğilimini belirlemesi açısından önem taşır (Basım, Çetin ve Tabak, 2009; Tatlıoğlu, 2013).

Açıklık boyutu, bireylerin yeniliklere duyarlılığını, entelektüel merakını ve yaratıcı düşünme becerisini açıklaması bakımından kentsel tasarımda kritik bir potansiyele sahiptir. Açıklık düzeyi yüksek bireyler, farklı deneyimlere imkân tanıyan, estetik çeşitliliği ön plana çıkaran ve yenilikçi mekânsal çözümler sunan kent ortamlarına daha kolay uyum sağlarlar. Bu bağlamda, sanatsal müdahaleler, yaratıcı tasarım öğeleri, esnek kullanımlara açık kamusal mekânlar, deneyimsel öğrenme alanları ve teknolojiyle bütünleşik kentsel donatılar, açıklığı yüksek kullanıcı profili için kentin çekiciliğini artırıcı unsurlar olabilir. Buna karşılık, açıklık düzeyi düşük bireyler, daha geleneksel, tanıdık ve öngörülebilir mekânlara yönelim gösterirler. Bu kullanıcı profili için kültürel sürekliliği koruyan, kimlik ve aidiyet duygusunu pekiştiren, tarihsel referansları güçlü olan mekânlar tercih edilir. Dolayısıyla açıklık boyutunun dikkate alınması, kentlerin hem yenilikçi hem de geleneksel eğilimlere sahip kullanıcılar için dengeli ve kapsayıcı tasarım yaklaşımlarını benimsemesine imkân tanır. Kentsel tasarımda açıklığın entegrasyonu, farklı toplumsal grupların kültürel ve estetik beklentilerini karşılamaya olanak sağlarken, aynı zamanda yaratıcı düşünceyi destekleyen, değişime uyum sağlayan ve çok boyutlu mekânsal deneyimler üreten bir yaklaşımın geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

2.4. Kentsel Tasarımda Uyumluluk (Agreeableness) Boyutunun Kullanım Potansiyeli

Uyumluluk, bireyin kişiler arası ilişkilerinde sergilediği anlayış, iş birliği ve empati düzeyini yansıtan bir kişilik boyutudur (Parlak ve Koçoğlu Sazkaya, 2018). Uyumluluk düzeyi yüksek bireyler; güvenilir, bağışlayıcı, fedakâr ve başkalarıyla olumlu ilişkiler kurmaya eğilimli kişiler olarak tanımlanmaktadır (Çetin ve Varoğlu, 2009). Bu bireyler sosyal etkileşimlerde uyumlu bir yapı sergilerken, toplumsal ilişkilerinde uzlaşmacı, yardımsever ve hoşgörülü tutumlar benimserler. Uyumluluk, yalnızca kişiler arası iletişimin kalitesini belirlemekle kalmaz; aynı

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

zamanda bireyin yaşam felsefesinin ve benlik algısının şekillenmesinde de etkili bir boyuttur (Parlak ve Koçoğlu Sazkaya, 2018). Bununla birlikte, aşırı düzeyde uyumluluk, bireyin çıkarlarını koruma, pazarlık yapma veya stratejik karar alma becerilerini sınırlayabilmektedir. Bu nedenle uyumluluk, bir yandan sosyal bağların güçlenmesine katkı sağlarken, diğer yandan belirli mesleki ve yönetsel roller açısından dezavantajlar da doğurabilen çift yönlü bir kişilik özelliği olarak değerlendirilmektedir (Çetin ve Varoğlu, 2009).

Uyumluluk boyutu, bireylerin işbirliği eğilimlerini, empati kapasitelerini ve sosyal ilişkilerdeki uyum yeteneklerini açıklaması bakımından kentsel tasarım sürecinde dikkate alınabilecek önemli bir kişilik göstergesidir. Uyumluluk düzeyi yüksek kullanıcılar, güvene dayalı, paylaşımı teşvik eden ve birlikte kullanım esasına göre kurgulanmış mekânlarda daha etkin ve üretken bir şekilde varlık gösterebilirler. Ortak kullanım alanları, topluluk bahçeleri, çocuk oyun alanları, spor sahaları ve kolektif etkinliklere imkân tanıyan meydanlar, bu kullanıcı profili için sosyal etkileşimi ve toplumsal bütünleşmeyi destekleyici mekânsal çözümler sunmaktadır. Buna karşın, uyumluluk düzeyi düşük bireyler için rekabetçi, bireysel yönelimi güçlü ve daha kontrollü sosyal etkileşimlere olanak veren kentsel mekânlar tercih edilebilir. Bu bağlamda, kişisel sınırları koruyan tasarım stratejileri, bireysel odaklı oturma düzenlemeleri veya daha az yoğunluklu sosyal mekânlar, bu kullanıcı profiline uygun çözümler sağlayabilir. Dolayısıyla, kentsel tasarımda uyumluluk faktörünün gözetilmesi, farklı kişilik eğilimlerine sahip bireylerin ihtiyaçlarını karşılayan dengeli bir mekânsal organizasyonun geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, toplumsal dayanışmayı güçlendirirken aynı zamanda kent mekânlarının kapsayıcı, esnek ve çok yönlü kullanımını da teşvik etmektedir.

2.5. Kentsel Tasarımda Sorumluluk (Conscientiousness) Boyutunun Kullanım Potansiyeli

Sorumluluk, bireylerin görevlerini yerine getirme konusundaki dikkat, disiplin ve özen düzeyini yansıtan bir kişilik boyutudur. Bu boyut, bir işi tamamlamadan önce dikkatlice düşünme, planlama ve kararlı bir şekilde hareket etme eğilimini kapsar (Parlak ve Koçoğlu Sazkaya, 2018). Sorumluluk düzeyi yüksek bireyler, genellikle azimli, sistemli, planlı, hedef odaklı ve titiz kişilik özellikleri sergilerken; düşük sorumluluk düzeyine sahip bireyler daha dağınık, disiplinsiz, görev bilincinden uzak ve ertelemeye yatkın bireyler olarak değerlendirilir (Doğan, 2013). Sorumluluk, sadece bireyin iş ve akademik başarısını artırmakla kalmaz; aynı zamanda motivasyon, iş tatmini ve takım performansı üzerinde de olumlu etkiler yaratır. Bununla birlikte, aşırı düzeyde sorumluluk, mükemmeliyetçilik ve titizlik gibi özellikler yoluyla bireyde baskı ve stres yaratabilir (Parlak ve Koçoğlu Sazkaya, 2018). Bu bağlamda sorumluluk, hem kişisel başarı hem de sosyal ve mesleki etkililik açısından kritik bir kişilik boyutu olarak görülmektedir (Doğan, 2013; Parlak ve Koçoğlu Sazkaya, 2018).

Sorumluluk boyutu, bireylerin planlı hareket etme, özdenetim geliştirme ve uzun vadeli hedeflere odaklanma eğilimlerini açıklaması bakımından kentsel tasarımda önemli bir kavramsal karşılık bulmaktadır. Sorumluluk düzeyi yüksek bireyler, düzenli, güvenilir ve disiplinli yapıları sayesinde sürdürülebilirlik ilkelerine uygun, kaynak kullanımında bilinçli ve çevresel duyarlılığı gözeten kent mekânlarına daha kolay uyum sağlamaktadır. Bu kullanıcı

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

profili için geri dönüşüm altyapıları, yeşil ulaşım sistemleri, ekolojik parklar ve uzun vadeli planlamayı öngören kentsel düzenlemeler, bireysel ve toplumsal ölçekte yaşam kalitesini artırıcı bir etki yaratmaktadır. Buna karşın, sorumluluk düzeyi düşük bireyler dikkatsizlik ve dağınıklık eğilimleri nedeniyle kentsel mekânlarda düzenin ve sürdürülebilir kullanımın korunmasına yönelik daha fazla rehberliğe ve yönlendirici tasarım stratejilerine ihtiyaç duymaktadır. Açık ve anlaşılır yönlendirme elemanları, kullanıcıyı bilinçlendiren bilgilendirme panoları veya otomatik işleyen çevre dostu sistemler, bu kullanıcı profili için uygun çözümler sunabilir. Dolayısıyla, kentsel tasarımda sorumluluk faktörünün göz önünde bulundurulması, kentlerin yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda düzenli, sürdürülebilir ve güvenilir mekânsal sistemler geliştirmesine olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşım, bireysel özdisiplini desteklerken aynı zamanda toplumsal ölçekte sorumluluk kültürünü pekiştiren daha bilinçli ve sürdürülebilir kent yaşamına katkı sunmaktadır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışma, kentlerin çok boyutlu karmaşıklığı karşısında kentsel tasarımın, yalnızca fiziksel planlama araçlarıyla değil, aynı zamanda insan merkezli ve psikoloji temelli yaklaşımlarla derinleştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Sunulan analizde, bireysel farklılıkların sistematik bir çerçevede anlaşılmasını sağlayan OCEAN Metodu (Büyük Beşli Kişilik Modeli), kentsel tasarım disiplini için kullanıcı odaklı mekân üretiminde kritik bir potansiyel barındıran kavramsal araç olarak konumlandırılmıştır. Çalışmada detaylandırılan Nevrotiklik, Dışadönüklük, Açıklık, Uyumluluk ve Sorumluluk boyutları; kentsel mekân algısını, etkileşim biçimlerini ve çevresel tercihlerini belirleyen temel psikolojik göstergeler olarak tanımlanmıştır. Tasarım kararlarının bu beş faktör doğrultusunda yenilenmesi, yalnızca işlevselliği değil, aynı zamanda bireylerin fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik hâlini destekleyen daha kapsayıcı kentsel ortamlar yaratmanın anahtarı olduğunu göstermektedir. Özellikle, yüksek Nevrotiklik eğilimine sahip kullanıcılar için huzur odaklı yeşil altyapıların planlanması ile yüksek Dışadönüklük eğilimine sahip kullanıcılar için sosyal etkileşimi maksimize eden meydan kurgularının dengelenmesi, kişilik temelli tasarım stratejilerinin temelini oluşturmaktadır.

Kent, artık yalnızca ekonomik faaliyetlerin ve yapılaşmanın yığıldığı bir mekân olmanın ötesinde, sakinlerinin kişisel yapılarıyla biçimlenen tasarlanmış bir yaşam alanı olarak ele alınmalıdır. OCEAN Metodu'nun kentsel tasarıma entegrasyonu, tasarımcılara kullanıcı profillerini demografik verilerin ötesinde, psikografik derinlikle anlama ve böylece mekânları psikolojik sürdürülebilirlik ilkesine uygun biçimde şekillendirme olanağı sunmaktadır. Bu kavramsal çerçeve, kentsel tasarım ve planlama alanında yeni bir araştırma ve uygulama yolunu açmaktadır. İlerideki çalışmaların, bu kişilik boyutlarının farklı kentsel mekân tiplerinde (parklar, kamusal meydanlar, konut çevreleri) deneysel yöntemlerle test edilerek kişilik-mekân uyumu üzerine somut tasarım parametreleri geliştirmesi önerilmektedir. OCEAN Metodu'nun kent bilgi sistemlerine entegrasyonu ve tasarım süreçlerinde nicel bir veri kaynağı olarak kullanılması, geleceğin akıllı ve insan odaklı kentlerinin (Smart and Human-Centric Cities) oluşumuna bilimsel bir temel sağlayarak disiplinler arası iş birliğini (psikoloji, mimarlık,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

kentsel tasarım) pekiştirecektir. Kişilik temelli kentsel tasarım yaklaşımı, yaşanabilirlik ve aidiyet duygusu yüksek kentlerin üretilmesinde kritik bir rol üstlenebilir.

NOT

Bu çalışma, 1. yazarın 2. yazarın danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Arısu, S., Kentsel Tasarım Kavramında Kentsel Tasarım Rehberlerinin Yeri ve Önemi (The Concept of Urban Design: Place and Importance of Urban Design Guides), Kent Akademisi, 11 (2), 243-255, Yaz 2018.

[2] Basım, H. N., Çetin, F. ve Tabak, A., Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin Kişilerarası Çatışma Çözme Yaklaşımlarıyla İlişkisi, Türk Psikoloji Dergisi, 24 (63), 20-37, 2009.

[3] Bayram, A., Demirtaş, Ö. ve Karaca, M., Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin İnsan Enerjisi Üzerindeki Etkisi: Bir Alan Araştırması, Anadolu Akademi Sosyal Bilimler Dergisi, 1 (1), Ocak 2019.

[4] Chen, C., Mapping the Terrain: A Scoping Review of Empirical Studies on the Big Five Personality Traits and QoL in China, Frontiers in Psychology, 14, 1335657, 2024. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1335657.

[5] Çetin, S. A. ve Şahin, B., Aşçıların Beş Faktör Kişilik Özellikleri ile Bireysel İnovasyon Algısı İlişkisi, Turizm ve Gastronomi Çalışmaları Dergisi, 6 (4), 419-447, 2018. DOI: 10.21325/jotags.2018.317

[6] Çetin, F. ve Varoğlu, A., Özellikler Bağlamında Girişimcinin Beş Faktör Kişilik Örüntüsü, Savunma Bilimleri Dergisi, 8 (2), 51–66, 2009. DOI: 10.17134/sbd.46420.

[7] Doğan, T., Beş Faktör Kişilik Özellikleri ve Öznel İyi Oluş (The Five Factor Personality Traits and Subjective Well-Being), Doğuş Üniversitesi Dergisi, 14 (1), 56-64, 2013.

[8] Erden, S. B., Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin Rol Çatışması Üzerindeki Etkisi, Yönetim ve Siyaset Bilimi İncelemesi, 6 (1), 37-56, 2024. DOI: 10.57082/mpsr.1484232.

[9] Korkut, A. B. ve Kiper, T., Peyzaj Mimarlığına Giriş, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 2021.

[10] Korkut-Owen, F., Büyük Beşli Modeli ve Psikolojik Danışman Adaylarının Mesleğe İlişkin Kişilik Eğilimleri (The Big Five Model and the Professional Dispositions of Prospective Psychological Counselors), IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (9), 80-99, 2021. DOI: 10.21733/ibad.827546.

[11] Ötken, A. B. ve Cenkci, T., Beş Faktör Kişilik Modeli ve Örgütsel Muhalefet Arasındaki İlişki Üzerine Bir Araştırma, Öneri Dergisi, 10 (39), 41-51, Ocak 2013.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[12] Parlak, Ö. ve Koçoğlu Sazkaya, M., Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin İş Yaşamında Yalnızlık Üzerine Etkisinin İncelenmesi (The Investigation of the Effect of Five Factor Personality on Loneliness at Work), Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 8 (1), 149-165, Mart 2018.

[13] Sudak, M. K. ve Zehir, C., Kişilik Tipleri, Duygusal Zeka, İş Tatmini İlişkisi Üzerine Yapılan Bir Araştırma, Yönetim Bilimleri Dergisi, 11 (22), 141-165, 2013.

[14] Soba, M., Şimşek, A. ve Demir, E., Üniversite Öğrencileri Üzerine Ampirik Bir Uygulama: Beş Faktör Kişilik Modeli, Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD), 6 (2), 28-43, 2019.

[15] Tatlılıoğlu, K., Beş Faktör Kişilik Kuramı Bağlamında Kişilik Kavramına Genel Bir Bakış (An Outlook on the Concept of Personality in the Context of 'Five Factor Personality Theory'), Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3 (6), Güz 2013.

[16] Weber, M., Kent (V. A. Coşar, Çev.), İskitler-Ankara: Dorlion Yayınları, 2022. (Orijinal eser tarihi: 1921).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

VERİDEN KARARA: DİJİTAL İKİZ TEKNİĞİ İLE KARAR VERME SÜRECİ

YL Öğrencisi, Emine Berfin MİNKARA

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, minkara6464@gmail.com- 0009-0001-0003-5065

Doç. Dr., Elif SAĞLIK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, elifsaglik@comu.edu.tr- 0000-0002-5230-3869

ÖZET

Kentsel tasarım ve planlama süreçlerinde, kentleşmenin getirdiği karmaşık dinamikler/problemler karşısında, karar verme süreçlerinde karar mekanizmalarının daha esnek, veri odaklı ve katılımcı bir sürece dönüşmesi gerekmektedir. Dijital ikiz tekniği, kentlerin dijital bir yansımasını oluşturarak bu gelişim sürecine yeni bir aşama kazandırmaktadır. Kentsel alanlarda çeşitli senaryoların oluşturulması, çevresel etkenlerin öngörülmesi, planlama/tasarım kararlarının somut verilere dayandırılmasına olanak sağlamakta ve karar verme mekanizmalarına çok boyutlu bir analiz ortamı sunmaktadır. Dijital ikiz tekniği sayesinde kente dair veriler sayesinde farklı kentsel sistemlerdeki potansiyel sorunlar erken aşamalarda tespit edilmektedir. Verilerin planlama ve tasarım süreçlerinde aktif olarak değerlendirilmesi ile sorunlara sürdürülebilirlik açısından en uygun çözümler geliştirilebilmektedir. Ayrıca kullanıcıların dijital alan üzerinden sürece katılımı, karar verme mekanizmalarını daha kapsayıcı hale getirmektedir. Dijital ikiz tekniği, sadece teknik bir araç değil ayrıca çevresel ve sosyal faktörlerin değerlendirildiği bir karar destekleyicisi olarak öne çıkmaktadır. Dijital ikiz bu yönüyle yeni bir planlama ve tasarım anlayışının temelini oluşturur ve sürdürülebilir kentsel yaşam için yenilikçi bir yaklaşım kazandırır. Çalışmada, dijital ikizlerin karar verme süreçleri üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Çalışma içeriği, karar verme mekanizmalarının optimizasyonu, çevresel-sosyal etkilerin öngörülmesi ve dijital ikizlerin problem tabanlı sorulara olan etkisinin sorgulandığı soru temelli değerlendirmeleri kapsamaktadır. Elde edilen cevaplar ile dijital ikiz tekniğinin, karar alma süreçlerinde katılımcı etkileşimini artıran mekanizmaların oluşturulmasında kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca dijital ikiz tekniğiyle kentsel dinamik yapıda ortaya çıkan problemlere anlık ve etkili çözümler sağlanabildiği gösterilmektedir. Bu dijital tabanlı teknik sayesinde farklı senaryoların karar vericiler tarafından karşılaştırılabilmesi; karar vericilere veri temelli çözümler sunmaktadır ve sürdürülebilir alternatif değerlendirmeler ile sağlıklı bir kentsel tasarım/planlama süreçleri ortaya konmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital ikiz, Karar verme mekanizmaları, Kentsel tasarım, Kentsel planlama

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

Nüfus artışı ve hızlı kentleşme gibi problemler kentlerin sürdürülebilir yaşam ortamları olmasını tehdit eden olumsuz dinamikler arasında yer almaktadır. Kentsel yapılaşma ve hızlı büyüme, kentsel alanlardaki sosyal alanların azalması ve kentsel kimlik unsurlarının bozulması gibi sorunlar günümüzde giderek artmaktadır. Bu sebeple, kentlerin doğru karar verme mekanizmaları ve nitelikli olarak değerlendirildiği tasarım ve planlama parametreleri kentsel alanların sürdürülebilmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Esengil, 2009).

Kentsel sınırlar genişledikçe var olan altyapı yetersizlikleri, kullanıcı yoğunluğu artışı, kentsel mekân planlamalarındaki hatalar ve çevresel-sosyal uyum sorunları artmaktadır. Bu problemler göze alındığında kentsel tasarım ve planlama süreçlerinde sadece estetik mekânsal düzenlemeler üzerine odaklanılmamakta; aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal gibi parametrelerde bir bütün olarak değerlendirilerek sürdürülebilir ve ekolojik kentlerin ortaya çıkması sağlanmalıdır.

Kentsel planlama ve tasarımlarda bütüncül yaklaşıma odaklanılması kentsel problemlerin çözülmesinde sürdürülebilir, ekonomik, çevreci, sosyal ve kapsamlı çözüm önerileri geliştirilebilmektedir. Kentlerdeki ulaşım ağları, altyapı kapasitesi, sosyo-ekonomik yapı ve diğer kültürel değer etkenleri, kentlerin gelişimini etkileyen temel unsurlardır. Bu parametreler ile mevcut problemlerin yanında sürdürülebilir kent hedeflerinin de oluşması mümkündür. Çok boyutlu parametreler; karar süreçlerindeki kentsel tasarım-planlama hedeflerine dengeli ve kapsayıcı çözümler sunmaktadır. Böylece karar verme süreçleri, kentsel alanlardaki problemlerin giderilmesi ve kentsel alan kullanımlarının optimizasyonunun sağlanmasında sürdürülebilir kentlerin temelini oluşturmaktadır. Tüm bu değerlendirmelerin uygulama öncesindeki verimliliğinin ölçülmesinde karar verme mekanizmalarının yeri oldukça önemlidir.

Karar verme mekanizmaları, kentsel alanların şekillenmesi ve çevresel anlamda çıkarların ortaya çıkmasındaki politik karar verme süreçlerinin ürünüdür. Bu süreçler ile kentlerin yararları ön planda tutulmaktadır. Çok boyutlu değerlendirmelerin bütün bir şekilde ortaya koyulması gereken bir süreçtir (Esengil, 2009).

Kentsel tasarım ve planlamalarda karar verme mekanizmaları kritik rol oynamaktadır. Karar verme süreçlerinde kentsel düzeni oluşturan tüm öğelerin temellerinin ortaya konmasına yönelik bir planlama gerçekleştirilmektedir. Planlamalar ve tasarımlar iyiye doğru ilerleyen temellerde olmalıdır. Ayrıca sadece kurumsal ve uzmanların değil, kent ile ilgili tüm katılımcı grupların karar verme süreçlerindeki etkisi değerlendirilmelidir. Karar verme mekanizmalarında (kurumsal, katılımcı, teknoloji destekli, uzman tabanlı) özellikle katılımcı planlamaların yapılması kentsel alanlarda kullanıcı deneyiminin optimizasyonunu sağlamaktadır. Böylelikle kentsel alanlarda kullanıcı görüşünün değerlendirdiği çevresel, sosyal ve ekonomik parametreler ile kullanıcı odaklı sürdürülebilir kentlerin oluşması desteklenmektedir (Ataöv, 2013).

Kentsel tasarım ve planlama süreçlerinde karar verme mekanizmalarının etkisini artırmak ve bu süreçleri destekleyecek yeni bir teknik veya yönteme olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda dijital ikizler, kentsel tasarımın geleceğini şekillendiren yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknik herhangi bir nesnenin veya sürecin dijitalleşmesiyle

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

oluşturduğu sanal temsilleri tanımlamaktadır. Dijital ikiz tekniği, fiziksel ortamın sanal bir temsilini oluşturarak karar verme süreçlerini destekleyen güçlü bir yöntem sunmaktadır (Aslan, 2024).

Günümüzde artan dijitalleşmenin getirdiği değişim yaşam alanlarımız olan kentleri dönüştürmektedir. Yeni teknoloji tabanlı tekniklerin entegrasyonuyla kentsel alanlardaki değerlendirilmesi gereken parametreler arttırmaktadır. Veri merkezli kararların önünü açılmaktadır (Babaoğlu ve Memiş, 2024).

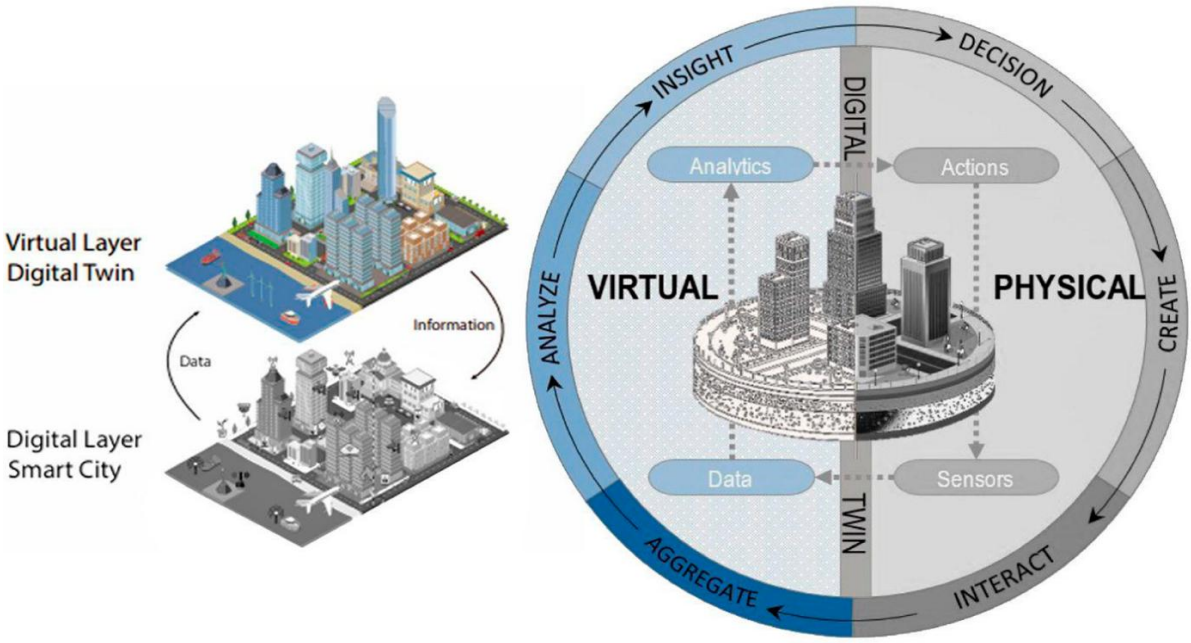
Teknoloji tabanlı kentsel yaşam, yalnızca teknik bir gereklilik olarak değil, aynı zamanda toplumsal hedeflerin gerçekleştirilmesine katkı sağlayan; kentsel tasarım ve planlama süreçlerinde karar vericilerin şeffaf ve katılımcı bir anlayışla hareket etmesine imkân tanıyan belirleyici bir araç olarak ele alınmalıdır. Bu bağlamda, dijital ikizler gibi teknoloji tabanlı araçlar söz konusu süreçlerin etkinliğini artıran önemli bir potansiyel sunmaktadır (Aydıner vd., 2022).

Dijital ikizlerin kentsel planlama ve tasarımına olan etkisinin değerlendirildiği bu çalışma ile dijital tabanlı tekniklerin kullanımı, kentlerin geleceklerinin sürdürülebilir temellerde şekillendiği yeni bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda çalışma, dijital ikizlerin kentsel planlama ve tasarım süreçlerine sağladığı çok boyutlu katkıları inceleyerek, hem kısa vadeli çözüm üretme becerisini hem de uzun vadeli sürdürülebilir kentlerin oluşmasını sağlayan bir teknik olarak değerlendirilmektedir.

2. DİJİTAL İKİZ TEKNİĞİ ve KARAR VERME SÜREÇLERİ

Dijital ikiz, fiziksel ortamın dijital bir temsili olarak düşünülebilmektedir. Kentsel alan ölçeğinde bir park, mahalle, altyapı veya ulaşım ağı gibi sistemlerin öngörülecek şekilde farklı senaryo ve uygulama biçimlerine göre üretilmesini sağlamaktadır. Dijital ikiz ile dijital modellere farklı dinamik bir boyut getirilmektedir; öngörülen veri akışı ile ise sürekli olarak geliştirilip güncellenen bir kent modeli elde edilmektedir (Görsel 1)

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 1. Dijital ikiz ile kent modellerinin oluşturulması (Urban Acress, 2023)

Kentsel tasarım ve planlama süreçleri için bu teknik, sadece planların görselleştirilmesi değil, aynı zamanda senaryo üretimi, sürdürülebilirlik öngörüleri ve kullanıcı katılımı açısından karar verme süreçlerinde kritik öneme sahiptir. Dijital ikizler, kentsel alanların geleceğini biçimlendiren yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle dijital ikiz tekniği, kentsel çevrenin dijital bir modelini oluşturarak karar verme süreçlerini destekleyen güçlü bir yöntem sunmaktadır. Çalışma, belirlenen temel sorulardan hareketle şekillenmektedir. Çalışma her bir başlık için araştırma sorusu özelliği taşımaktadır. Soru yapısı, mevcut çalışmayı nitelikli cevaplara ulaştırmaktadır. Sorulara verilen cevaplar aynı zamanda çalışmanın temelini oluşturmakta ve sorular ileri süreçlerde bağımsız bir araştırma konusu olarak incelenme potansiyelini oluşturmaktadır. Çalışma, gelecekte daha kapsamlı araştırmalar için zemin oluşturmaktadır.

2.1.Dijital İkizler, Kentsel Tasarım Süreçlerinde Karar Mekanizmalarını Nasıl Optimize Edebilir?

Kentleşme kaynaklı problemler nedeniyle kentsel planlama ve tasarım süreçlerinde daha etkin ve esnek karar mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kentsel tasarım süreçlerinde teknoloji tabanlı bir teknik öne çıkmaktadır. Dijital ikiz tekniği, kentsel çevrenin dijital temsillerini oluştururken devamlı güncellenen veriler ile karar vericilere farklı boyutlarda analiz imkanları sunmaktadır. Çeşitli karar verme mekanizmalarına katılımcı bir gözlem içeriği sağlamaktadır. Kent kullanıcılarının kullanım öncesinde dijital modeller ile kenti deneyimleyebilmesi kent odağında sürdürülebilir sosyal çevrenin etkisini de göz önünde tutulmasını sağlar. Özellikle planlama ve tasarım öncesinde sunulan deneyim ve senaryolar ile kullanıcı odaklı kentsel yönetim sağlanmaktadır.

Dijital ikizler sayesinde sorunların erken tespiti yapılabilmektedir. Sorunlara karşı geliştirilen çok boyutlu çözüm önerileri ile karar vericiler için verileri hızlı değerlendirme ve anlık olarak harekete geçebilme imkânı sunulmaktadır (Chen vd., 2024). Karar vericilerin hızlı müdahale

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

etmesini sağlayan bu teknik, kentsel problemlerin öngörülen çözümlerinin oluşmasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Örneğin; kent içi ulaşım ağı, dijital ikiz tekniği ile analiz edilip alternatif düzenlemeler önerilebilir (Görsel 2). Aynı şekilde kentsel altyapı veya yeşil alanların yetersiz kaldığı bölgelerin önceden tespiti yapılarak tasarım ve planlama süreçlerine direkt olarak yansıtılabilmektedir.



Görsel 2. Dijital ikiz ile kent içi ulaşım ağı özelliklerinin belirlenmesi (Esri UK (2021) görselinden esinlenerek Google Gemini ile oluşturulmuştur)

Dijital ikiz tekniğine bağlı yaklaşımlar ile karar verme aşamalarında sadece sorunlara müdahale edilmesi değil aynı zamanda karar vericilerin katılımcı planlama-tasarım süreçleri de desteklenmektedir. Farklı gruplar ortak bir dijital model üzerinden kenti deneyimleyip fikir üretilebilmektedir. Böylece dijital ikiz tekniğinin kentsel planlama ve tasarım süreçlerine sağladığı katkı, karar mekanizmalarının da optimize edilmesini sağlamaktadır. Güncellenen kentsel verilerle desteklenen bu teknik karar vericilerin değerlendirmelerine ve harekete geçmelerine olanak tanırken, uzun vadeli planlama ve tasarım vizyonunun da sürdürülebilir temellerde gerçekleşmesine olanak tanır.

2.2. Kentsel Tasarımların Uzun Vadeli Çevresel ve Sosyal Etkilerini Öngörmede Dijital İkizlerin Rolü Nedir?

Kentsel planlama ve tasarım süreçlerinde en büyük engellerden biri, bu süreçlerde uzun süre sonra ortaya çıkan etkilerin olmasıdır. Örneğin; yeni bir kentsel alan tasarımı, ulaşım hattı açılması veya yapılaşmanın artmasını sağlayacak kararların daha sonraki yıllarda sosyal ve çevresel anlamda getirilerinin öngörülememesi gibi durumlar söz konusudur. Dijital ikizler ise bu etkilerin çeşitli senaryolar ile önceden tespit edilmesini sağlar. Kenti etkileyen iklim olaylarındaki parametreler (yağmur yağışı, gölgelenme durumu, sıcaklık artışı vb.) baz alınarak, anlık değişen ihtiyaçlara göre farklı senaryolar üretilebilmekte ve bu çevresel olayların sosyal yaşantı üzerindeki etkileri değerlendirilebilmektedir. Kentsel alanlardaki değişimlerin dijital modeller aracılığıyla somut simülasyonlarla analiz edilmesi mümkündür. Bu simülasyonlar sayesinde, iklim değişikliği senaryolarına bağlı olarak bölgedeki sıcaklık artışı ve alanın ihtiyaç duyduğu gölgelenme durumu nasıl optimize edileceği, ayrıca yeni konut bloklarının sosyal yaşama entegrasyonunun kent kullanıcıları üzerindeki etkileri öngörülebilmektedir. Dijital temsiller bu şekilde, çevresel yaşamın sürdürülebilirliğini destekleyen kentlerin tasarlanmasına imkân sağlamaktadır (Görsel 3).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 3. Dijital ikizler ile elde edilen veriler (Smart Cities World, 2019)

Dijital ikiz tekniği ile yalnızca çevresel oluşumlar için değil, sosyal etkileşimlerdeki kentsel davranış örüntüsü için de kullanılmaktadır. Bu kapsamda, toplumsal ihtiyaçların aktif bir biçimde simüle edilmesi sosyal dijital modellerin geliştirilmesinde kentsel planlama ve tasarımlara entegre edilmelidir (Ercoşkun ve Mazlum, 2025).

2.3. Dijital İkiz Kavramı Problem Tabanlı Sorulara Nasıl Optimizasyon Sağlar?

Dijital ikizler, karmaşık kentsel durumların ve sistemlerin etkin bir biçimde düzenlenmesine yardımcı bir tekniktir. Problem temelli soruların çözülmesinde, dijital ikizler yalnızca olağan durumu gözlemlemekle kalmaz aynı zamanda alternatif çözüm önerileri için senaryolar oluşturulmasına fırsat verir. Geleceğe yönelik tahmin yapılmasında ve öngörülen deneyimler ile kentsel parametrelerin (fiziksel, çevresel, sosyal vb.) optimizasyonu sağlanabilmektedir. Böylece dijital ikizler, çözüm sürecini hızlandırıcı bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijital ikizin belirli özellikleri problem tabanlı soruların optimizasyonunu kolaylaştırmaktadır. Dijital ikiz tekniğinin özellikleri;

Veri Toplama ve İzleme: Dijital ikizler, sanal/dijital modeller ile sistemi anlık olarak güncelleyerek doğru ve güncel verileri yansıtmaktadır. Güncel olmayan veriler ile yapılan analizler; kentsel planlama ve tasarım süreçlerinde ileri yıllarda oluşabilecek problemler konusunda yanıltıcı olabilmektedir. Verilerin güncel olması problem tabanlı çözümler için önemli bir yere sahiptir.

Bir kentteki ulaşım verileri dijital ikiz tekniği ile toplanıyorsa, araç yoğunluğu, kullanıcı davranışlarındaki değişimler ve yol çalışmaları anlık olarak takip edilebilmektedir. Bu sayede, trafik akışındaki sorunlar veya altyapı yetersizlikleri erken süreçlerde tespit edilir ve karar vericiler mevcut durumu doğru bir şekilde değerlendirebilir. Ayrıca, veri toplama süreci,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

kentteki sistemleri sürekli gözlemleyerek uzun süreli planlama ve iyileştirme süreçlerine de veri temelli uygulamalar sunmaktadır.

Senaryo ve Simülasyon Analizi: Dijital ikiz, gerçek ortamın dijital bir kopyası olduğu için çeşitli çözüm senaryolarının deneyimlenmesini sağlar. Değişik senaryoların simülasyonlara dönüştürülmesi potansiyel problemlerin karşılaştırılmasına imkânı sunmaktadır. Kentsel alanda günün belirli zamanlarında artan kullanıcı yoğunluğu, gölgelendirmeye olan ihtiyacı artırıyorsa; birçok oturma düzeni, farklı kentsel elemanları veya gölgelendirme yapılarının dijital ortamda modellenmesiyle en uygun mekânsal senaryolar denenebilir. Bu simülasyonlar, alternatif çözümlerin değerlendirilmesini sağlar ve karar vericilerin hangi yaklaşımın daha etkili olduğunu nicel ve görsel olarak incelenmesine olanak tanır.

Tahmin Etme ve Karar Alma: Kentsel veriler ve simülasyon sonuçları tespit edilerek gelecekteki kentsel durumlar tahmin edilebilir. Dijital ikizin bu özelliğiyle problem tabanlı sorulara proaktif bir yaklaşım sunmaktadır. Bu duruma örnek olarak bir kent parkında veya baka bir kentsel mekânda, bitki örtüsü dağılımı ve oturma alanı yetersizliği gibi problemler öngörülebilir ve tasarım süreçlerine yansıtılabilir. Proaktif karar alma, mevcut sorunları ve eksiklikleri gidermenin yanı sıra oturma düzenlemeleri, kentsel elemanların konumlandırılması veya alternatif sirkülasyon ağı gibi önleyici tasarım senaryoları oluşturulmasına olanak tanır. Senaryolar, kullanıcı konforu ve kullanım verimliliği mümkün kılar. Böylece, kentsel alanların uzun vadeli kullanımı ve dayanıklılığı güçlendirilmiş olur.

Süreç ve Kaynak Optimizasyonu: Dijital ikizler, senaryo ve simülasyonların enerji tüketimi, maliyet, iş gücü ve bakım süresi gibi durumlardaki etkilerini ölçerek en verimli çözümün uygulanmasına yardımcı olur. Kentsel ulaşım sirkülasyonu için enerji tüketimini en aza indiren sinyal düzenlemeleri veya bir yeşil alan tasarımında bakım maliyetlerini düşüren sulama sistemleri dijital ortam üzerinden analiz edilebilir; kaynak kullanımını etkin bir şekilde uygulamayı sağlar ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen çözümler üretir.

Katılımcı Süreç: Dijital ikizler, verileri anlaşılır bir şekilde ve görselleştirilmiş olarak sunar ve karar vericilerin doğru karar almasını kolaylaştırır. Ayrıca, sürece toplumsal katılımı destekleyerek, kentsel soruların çözümünde daha şeffaf ve kapsayıcı bir bakış açısı sağlar. Kent tasarımlarında ve planlamasında kullanıcıların ve uzmanların modeller üzerinden alternatif senaryoları değerlendirmesi, sürecin bilgi temelli ve katılımcı olmasını sağlar.

3.SORULARDAN YANSIYAN ÇIKARIMLAR

Çalışma ile dijital ikiz tekniğinin kentsel tasarım ve planlama süreçlerindeki katkısı kapsamlı bir biçimde değerlendirilerek, gelecekteki kentsel yaşama dair çıkarımları konu alınmıştır. Öncelikle, dijital ikizlerin sadece bir simülasyon ve görselleştirme aracı olmadığı, ayrıca kentsel yaşamı çok boyutlu bir şekilde yönlendirebilen/okuyabilen; karar verme süreçlerinde stratejik bir destek mekanizması sunan bir teknik olduğu görülmektedir.

Veri temelli olarak elde edilen çıktılar, kentsel dinamik yapıda ortaya çıkan problemlere anlık ve etkili çözümler üretilmesini sağlamakta; çeşitli senaryoların karşılaştırılabilmesi, karar vericilere nicel ve bilimsel temelli alternatifler sunmaktadır. Böylece kentsel alanlarda tasarım ve planlama uygulamalarında özellikle ulaşım, altyapı, enerji ve yeşil alan yönetimi gibi kentsel yaşamın temel unsurlarında daha sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Dijital ikiz tekniği, uzun vadeli çevresel ve sosyal etkilerin öngörülmesidir. Hızlı büyüyen kentlerde, nüfus artışı ve iklim değişikliği gibi sorunların giderek artması, bu tekniğinin potansiyeli daha da belirginleşmektedir. Dijital temsiller; sıcaklık artışı, gölgelenme ve yağış yoğunluğu gibi çevresel parametrelerin yanında, kullanıcı hareketlerinin sosyal yaşama etkilerini de modelleyebilmekte hem sorunların çözümüne hem de geleceğe yönelik sürdürülebilir kentsel yaşamın oluşturulmasına katkı sunmaktadır. Bu yönüyle dijital ikizler, kentleri yalnızca fiziksel ortamlar olarak değil, aynı zamanda toplumsal sosyalleşmenin ve yaşam kalitesinin şekillendiği katmanlı sistemler olarak ele almayı mümkün kılmaktadır.

Çalışma, dijital ikiz tekniğinin karar verme süreçlerinde katılımcı destekli mekanizmaların geliştirilmesinde önemli bir teknik olduğu gösterilmektedir. Kentsel tasarım ve planlama süreçlerinde, kent kullanıcılarının çeşitli senaryoları deneyimleyebilmesi ve sonuçlarını somut olarak görebilmesi, kent için verilen kararların kapsayıcı ve şeffaf olmasını sağlar. Böylelikle, yalnızca kurumsal ve uzman görüşü gibi karar verme mekanizmalarının değil, kent kullanıcılarının da sürece aktif katılım göstermesi sağlanarak, kentlerin kullanıcı odaklı biçimde tasarlanması ve planlanması mümkün hale gelir.

Çalışma sorularından yansıyan çıkarımlar, dijital ikiz tekniğinin kentsel tasarım ve planlama süreçlerine entegre edilmesiyle; hem kentlerin karşı karşıya olduğu problemlere alternatif çözümler sunulabileceğini hem de kent vizyonlarını biçimlendiren yenilikçi bir yaklaşım oluşturulabileceğini göstermektedir. Dijital ikiz tekniği, kentsel sorunların giderilmesini hızlandıran bir teknik olmanın dışında sürdürülebilir, kapsayıcı ve esneklik kavramlarını temel alarak kentsel yaşam kalitesini arttırma potansiyeli taşımaktadır. İleri süreçlerde yapılacak olan akademik çalışmaların farklı ölçeklerde uygulanabilirliği, veri odaklı ve etik yönlere odaklanılması; tasarım ve planlama disiplinleri arasında iş birliğinin güçlendirilmesi konusunda önem taşımaktadır. Dijital ikiz tekniğinin bir teknik olmasının dışında sürdürebilir kentsel yaşamların oluşturulmasında esas yaklaşım olarak konumlandırılması gerekmektedir.

NOT

Bu çalışma, 1. yazarın 2. yazarın danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA:

[1] Anlı Ataöv, A., *Karar Verme Süreçlerinin Demokratikleşmesinde Stratejik Yaklaşımın Rolü ve Örnek Uygulamalar: Süreç Tasarımı, Katılım ve Eylem*, Planlama, 23(3), 125–133, 2013. https://doi.org/10.5505/planlama.2013.39974

[2] Aslan, M. M., *Bir Akıllı Kent Uygulaması Olarak Dijital İkiz Teknolojisinin Kent Planlaması ve Yönetimi Sürecindeki Rolü*, Gaziantep University Journal of Social Sciences, 23(4), 1613–1624, 2024. http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss (Erişim tarihi: 12.09.2025)

[3] Aydıner, T., Savaşkan, O., ve Bayırbağ, M. K., *Ruşen Keleş'in Birikiminden Geleceğe: Türkiye'de ve Dünyada Kentleşme ve Yerel Yönetimlere Dair Dönüşümleri Okumak*, İdealkent, 13(37), 1106–1137, 2022. https://doi.org/10.31198/idealkent.1116513

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[4] Babaoğlu, C., ve Memiş, L., *Dijital İkiz ve Akıllı Şehirler*, SETA Yayınları, 2024. https://www.setav.org (Erişim tarihi: 12.09.2025)

[5] Chen, Z., Gan, W., Wu, J., Lin, H., ve Chen, C.-M., *Metaverse for Smart Cities: A Survey*, Internet of Things and Cyber-Physical Systems, 4, 203–216, 2024. https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.12.002

[6] Esengil, Z., *Planlama ve Tasarım Sürecine Katılımın Kamusal Projeler Bağlamında İrdelenmesi: Antalya Kent Merkezi Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

[7] Geospatial Media & Communications, *London Borough of Harrow Creates Digital Twin with New Street Imagery and LiDAR Data*, Geospatial World, 26 Ağustos 2021. https://geospatialworld.net/news/london-borough-of-harrow-creates-digital-twin-with-new-street-imagery-and-lidar-data/ (Erişim tarihi: 14.09.2025)

[8] Google, *Gemini*, 2025. https://gemini.google.com (Erişim tarihi: 14.09.2025)

[9] SmartCitiesWorld, *Digital Twin Technology Aims to Put Sustainability at the Heart of Smart Cities*, 17 Nisan 2019. https://www.smartcitiesworld.net/news/digital-twin-technology-aims-to-put-sustainability-at-the-heart-of-smart-cities-4088 (Erişim tarihi: 14.09.2025)

[10] Urban Acres, *Digital Twins Alter Urban Planning, Development*, 18 Mayıs 2023. https://urbanacres.in/digital-twins-revolutionise-urban-planning-and-development/ (Erişim tarihi: 14.09.2025)

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KENTSEL ARTIK ZAMAN PEYZAJLARI: İSTANBUL'DA MİKRO BOŞ ZAMANLARIN ESTETİK VE TASARIM POTANSİYELİ

YL. Öğr. Aslıhan UYGUN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
imasliuygun@gmail.com - 0009-0002-0193-4481
Doç. Dr. Elif SAĞLIK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
elifsaglik@comu.edu.tr - 0000-0002-5230-3869

ÖZET

Modern kent yaşamında artan nüfus ve hızlanan tempo, bireylerin gündelik rutininde çoğu kez fark edilmeyen 3–7 dakikalık "artık zaman" aralıklarını üretmektedir. Bu çalışma, İstanbul'un farklı tipolojilerini temsil eden beş bölgede yürütülen otuz gözlem seansı aracılığıyla toplam altı yüz kullanıcının bekleme davranışlarını incelemektedir. Sistematik örneklemeyle toplanan veriler; telefon kullanımı, sohbet, çevreyi izleme, oturma/dinlenme ve fotoğraf çekme/yön bulma gibi pratikler üzerinden kodlanmış; bekleme süreleri sabah, öğle ve akşam dilimlerinde karşılaştırılmıştır. Bulgular, ulaşım odaklı alanlarda işlevsel pratiklerin; küçük ölçekli kamusal boşluklarda psikolojik ve sosyal etkileşimlerin; bekleme ve sıra bekleme alanlarında ise kolektif deneyimlerin belirginleştiğini göstermektedir. Bu doğrultuda önerilen mekânsal müdahaleler, dijital yüzey panelleri ve dikey yosun modülleriyle algısal monotoniyi azaltmayı; yaprak formlu anıtsal strüktür ve mikro bahçe kapsülleriyle doğa temelli temas ve yer kimliğini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, görünmez kabul edilen bu kısa zaman dilimlerinin estetik, psikolojik, sosyal ve ekolojik boyutlarla zenginleştirilerek kentsel yaşama entegre edilebilecek potansiyel deneyim alanlarına dönüştürülebileceğini ortaya koymakta; gelecekte anket ve deneysel doğrulamalarla desteklenebilecek bir tasarım araştırması çerçevesi önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Artık zaman, Bekleme davranışları, Kamusal alan deneyimi, Kentsel mekân, Mikro peyzaj.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. GİRİŞ

Modern kent yaşamının hızlanan temposu ve yoğun nüfus baskısı, bireylerin gündelik yaşamında çoğu kez fark edilmeyen kısa boşluklar yaratmaktadır. Literatürde bu aralıklar "artık zaman" ya da "mikro boş zaman" olarak tanımlanmakta; özellikle toplu taşıma duraklarında sıra bekleme ya da geçiş alanlarında ortaya çıkan 3–7 dakikalık bekleme sürelerini ifade etmektedir (García-Martín, 2025; Seren & Taşkın, 2025). Kısa görünmelerine rağmen bu zaman dilimleri, psikolojik yenilenme ve ekolojik farkındalık için önemli fırsatlar barındırmaktadır. Kaplan ve Kaplan'ın (1989) Dikkat Restorasyonu Teorisi, küçük ölçekli doğa deneyimlerinin bile bireylerin zihinsel ve duygusal yenilenmesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Boş zaman literatüründe yapılan tartışmalar kavramın farklı boyutlarını vurgulamaktadır. "Boş zaman" değerlendirilebilir bir aralık anlamı taşırken, "serbest zaman" bağlayıcılıklardan özgürleşmeyi ifade eder (Erişkin vd., 2025). Bu ayrım, kentsel gündelik yaşamın deneyimleniş biçimlerini anlamada kuramsal bir zemin sağlamaktadır. Klasik kuramcılar Marx (1867), Veblen (1899) ve Adorno (1991), modern kapitalist toplumlarda boş zamanın giderek metalaştığını ve tüketim göstergesine dönüştüğünü vurgulamaktadır. Güncel literatürde ise bu eleştirilerin karşısında, doğa temelli etkinliklerin ve hobi bahçeleri gibi alternatif pratiklerin bireylere psikolojik rahatlama, toplulukla bağ kurma ve ekolojik farkındalık kazandırdığı gösterilmektedir (Küçükali, 2022). Bu çerçeve, mikro ölçekte doğa-temelli müdahaleler aracılığıyla görünmez bekleme anlarının kamusal ve deneyimsel değeri olan zaman dilimlerine dönüştürülmesini tartışmaya açmaktadır.

Kent planlama literatüründe işlevsizleşmiş ya da ihmal edilmiş alanlar "artakalan mekânlar" olarak tanımlanmakta ve bu mekânların mikro peyzaj tasarımlarıyla toplumsal yaşama kazandırılabileceği öne sürülmektedir (Erken vd., 2025). İstanbul, bu bağlamda yoğun nüfus, çok işlevli ulaşım ağları ve sık kullanılan bekleme alanlarıyla özgün bir araştırma laboratuvarı niteliği taşımaktadır (İBB, 2022).

Bu araştırma, İstanbul örneği üzerinden kentsel "artık zaman peyzajları"nı incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, görünmez kabul edilen kısa zaman dilimlerinin psikolojik rahatlama ve ekolojik farkındalık deneyimine dönüştürülme potansiyelini; küçük ölçekli modüllerin mekân algısını işlevsellikten deneyimselliğe taşıma kapasitesini ve klasik parkların sunamadığı anlık deneyim boyutlarını ortaya koymayı hedeflemektedir.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Mikro Peyzaj ve Kentsel Mekân İlişkisi

Hızlı kentleşme, yoğun nüfus baskısı ve sınırlı kamusal alanlar bireylerin gündelik yaşamını doğrudan etkilemektedir. Özellikle göz ardı edilen küçük ölçekli alanların alternatif kullanım potansiyeli taşıdığına dikkat çekilmektedir (Doğan, 2025). Biyofilik tasarım yaklaşımları bu mekânları doğa ile bütünleştirerek, kullanıcıların yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda deneyimsel faydalar elde etmesini sağlar (Çiğdem & Yılmaz, 2025).

Araştırmalar, tarihsel ve kültürel dokular içinde doğa temelli mekânsal düzenlemelerin bireylerin kent algısını güçlendirdiğini göstermektedir. Bu durum, mikro peyzaj modüllerinin yalnızca bekleme noktalarını dönüştürmekle kalmayıp, kentlilerin bu alanları birer kamusal deneyim sahası olarak algılamasına da olanak verir (Çiğdem & Yılmaz, 2025; Doğan, 2025).

2.2. Anlık Deneyim ve Ekolojik Farkındalık Boyutu

Kent yaşamında "anlık deneyim" kavramı, bireylerin kısa süreli karşılaşmalarında mekânın sunduğu psikolojik ve ekolojik faydaları ifade etmektedir. Tüketime Taşkın (2025), modern tüketim kültüründe zamanın yalnızca ölçülebilir bir nicelik değil, aynı zamanda niteliksel bir

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

deneyim boyutu taşıdığını vurgulamaktadır. Jo vd. (2019), kısa süreli doğa temelli işitsel deneyimlerin duyusal farkındalığı artırdığını; Qu & Ma (2024) çok duyulu temasların kullanıcıların mekân algısını zenginleştirdiğini göstermektedir. García-Martín vd. (2025) ise kent içi yeşil alanların zihinsel yorgunluğu azaltmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ekolojik farkındalık bağlamında yapılan araştırmalar, genç bireylerin sürdürülebilirlik bilincine sahip olduğunu ancak bu farkındalığın günlük davranışlara her zaman yansımadığını ortaya koymaktadır (Çil Koçyiğit vd., 2025; Mola vd., 2025). Mikro peyzaj uygulamaları, bu açıdan hem bireysel hem de toplumsal fayda üretmektedir. Küçük ölçekli doğa tabanlı müdahaleler bireylere kısa sürede psikolojik yenilenme sağlarken, aynı zamanda ekolojik duyarlılığı görünür kılarak sürdürülebilirlik bilincinin kent mekânına yansımasına katkıda bulunmaktadır (Gül & Villi, 2025).

3. YÖNTEM

3.1. İstanbul'da Mekân Seçim Kriterleri

Araştırmada İstanbul'un tercih edilmesinin nedeni, kentin yüksek nüfus yoğunluğu, çok işlevli ulaşım ağları ve gündelik yaşamda sık karşılaşılan bekleme ve geçiş alanlarıyla "artık zaman mekânları"nın en görünür biçimde deneyimlenebildiği bir laboratuvar niteliği taşımasıdır. Literatürde toplu taşıma odaklı mekânlar ve hareketlilik merkezlerinin kısa süreli deneyimlerin dönüştürülebileceği stratejik alanlar olduğu vurgulanmaktadır (Çelik, 2025; Fan vd., 2025; Karacan, 2025).

Bu bağlamda seçim kriterleri üç başlık altında toplanmıştır:

- Ulaşım odaklı alanlar: Metro girişleri, otobüs ve tramvay durakları. Transit-Oriented Development (TOD) yaklaşımı, bu alanlarda kısa süreli deneyimlerin tasarlanabileceğini göstermektedir (Sapsangthong vd., 2025).
- Küçük ölçekli kamusal boşluklar: Ara sokaklar, küçük meydanlar ve sahil kenarları. Bu tür alanların bireylerde psikolojik ve sosyal etkileşimi güçlendirdiği ortaya konmuştur (Aysu, 2025; Ferah & Poyraz, 2025).
- Bekleme ve sıra bekleme alanları: Vapur iskeleleri, meydan önleri ve aktarma merkezleri. Bu alanlarda yapılan düzenlemeler, bekleme süresini deneyimsel boyuta taşıyabilmektedir (Pirselimoğlu & Matur, 2025).

Belirlenen kriterler doğrultusunda; Üsküdar (vapur iskelesi ve sokak aralıkları), Kadıköy (aktarma noktaları), Taksim (metro ve meydan), Galata (tarihi dar sokaklar) ve Eminönü (hanlar bölgesi ve meydan) olmak üzere İstanbul'un farklı tipolojilerini temsil eden beş bölge incelenmiştir.

3.2. Kullanıcı Davranışlarının Kodlanması ve Bekleme Sürelerinin Ölçümü

Araştırmada kullanıcı davranışlarını belirlemek üzere kamusal mekân çalışmalarında sıkça başvurulan gözlemsel analiz yöntemlerinden uyarlanmış bir kodlama şeması kullanılmıştır (Mehta, 2014). Kodlamaların güvenilirliğini sağlamak amacıyla iki bağımsız gözlemci eş zamanlı gözlemler yapmış; seans sonunda veriler karşılaştırılmış ve %90'ın üzerinde uyum elde edilmiştir. Bu oran, gözlemciler arası güvenilirlik (inter-rater reliability) açısından yöntemsel tutarlılığı ortaya koymaktadır.

Davranışlar; telefon kullanma, çevreyi izleme, sohbet, oturma/dinlenme, yiyecek–içecek tüketme ve fotoğraf çekme/yön bulma (Çizelge 1) olmak üzere altı kategori altında toplanmıştır. Böylece kullanıcıların bekleme süreleri boyunca sergiledikleri temel pratikler sistematik biçimde kaydedilebilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 1. Davranış Kodları (Araştırma kapsamında kullanılan davranış kodlama şemasını göstermektedir.)

Kod	Davranış	Açıklama
A	Telefon kullanma	Mobil cihazla meşgul olma, mesajlaşma vb.
B	Çevreyi izleme	Çevredeki insanları, yapıları veya hareketliliği gözlemleme
C	Sohbet	Başkalarıyla sözlü iletişim kurma
D	Oturma / dinlenme	Bank, merdiven veya başka yüzeylerde oturma, kısa süreli dinlenme
E	Yiyecek–içecek tüketme	Atıştırmalık veya içecek tüketme
F	Fotoğraf çekme / yön bulma	Mekânı fotoğraflama veya yön tarama davranışı

Gözlemler, hafta içi ve hafta sonu olmak üzere üç farklı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Sabah (07.00–09.00), öğle (12.00–14.00) ve akşam (17.00–19.00) kapsamında toplam 5 bölge × 3 zaman dilimi × 2 gün formülüne göre 30 gözlem seansı yürütülmüştür. Her seans 30 dakika sürmüş; gözlemciler bu süre boyunca alanın farklı noktalarına konumlanarak eş zamanlı veri toplamıştır.

Örnekleme sürecinde her seans içinde 20 kullanıcı seçilmiştir. Katılımcılar sistematik örnekleme yöntemiyle, alana giren her 3. kişi üzerinden belirlenmiştir. Bu yöntem, seçim sürecinde olası gözlemci yanlılıklarını önlemek ve örneklemde temsiliyeti artırmak amacıyla tercih edilmiştir (Taherdoost, 2016). Seçilen kullanıcıların bekleme süreleri kronometre ile ölçülmüş; elde edilen veriler bekleme davranışlarının sürekliliğini ortaya koymak amacıyla kaydedilmiştir.

Alan yoğunluğunu belirlemek için her 5 dakikada bir kişi sayımı yapılmış, ayrıca oturan–ayakta kalan kullanıcı oranları hesaplanmıştır. Mekânsal koşulların belgelenmesi için tüm seanslarda fotoğraf çekimleri yapılmış, bu görseller yalnızca mekân düzeni ve kullanıcı pratiklerinin destekleyici veri olarak yorumlanmasında kullanılmıştır.

Bu yöntem, kullanıcıların bekleme sürelerinin yanı sıra davranışsal örüntülerini sistematik biçimde açığa çıkarmış ve farklı mekân tipolojilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak tanımıştır.

4. BULGULAR

Bu araştırmada, İstanbul'un farklı tipolojilerini temsil eden beş bölgede gerçekleştirilen 30 gözlem seansı sonucunda toplam 600 kullanıcının bekleme davranışları kaydedilmiştir. Örneklem seçiminde sistematik örnekleme yöntemi uygulanmış; her gözlem seansında ilk üç birey referans alınmış, ardından belirli aralıklarla kullanıcılar seçilmiştir. Bu yaklaşımın, örnekleme sürecinde yanlılığı azaltarak daha nesnel bir temsil sağladığı literatürde vurgulanmaktadır (Taherdoost, 2016; Mack vd. 2005).

4.1. Ulaşım Odaklı Alanlar

Kadıköy Otobüs Durağı: Kadıköy aktarma noktasında yapılan gözlemler, bekleme davranışlarının günün saatlerine göre değiştiğini göstermektedir. Sabah seanslarında (07.00–09.00) bekleme süreleri ortalama 3–5 dakika olup telefon kullanımı (A) ve yön bulma/fotoğraf çekme (F) davranışları baskın gözlenmiştir. Öğle seanslarında (12.00–14.00) bekleme süreleri 4–6 dakikaya yükselmiş, özellikle sohbet (C) ve yiyecek–içecek tüketme (E) davranışları dikkat

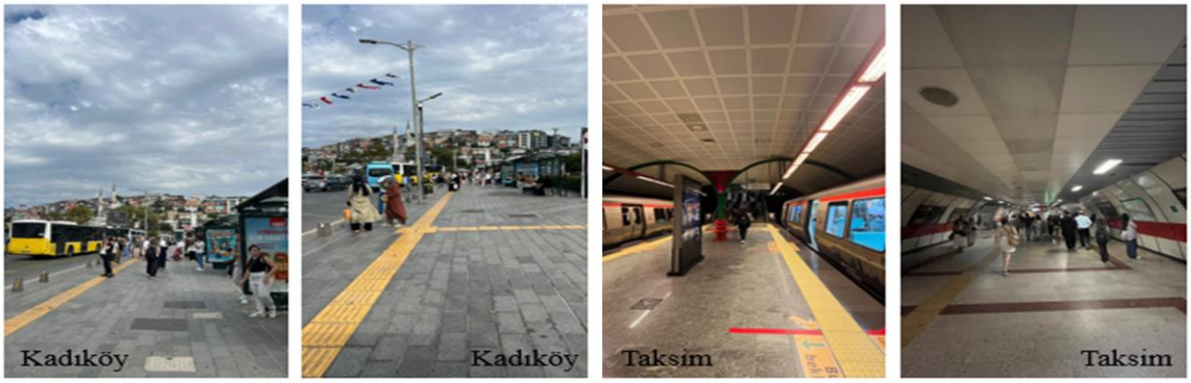
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

çekmiştir. Akşam seansında (17.00–19.00) ise bekleme süresi 5–7 dakikaya çıkmış; telefon kullanımı (A), sohbet (C) ve fotoğraf çekme (F) birlikte artış göstermiştir (Çizelge 2). Görse1 1, öğle seansında (12.00–14.00) kaydedilen kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir. Görsellerde durağın çevresinde kullanıcıların dağınık şekilde konumlandığı, bazı küçük grupların sohbet (C) ettiği ve birkaç kullanıcının telefon (A) ile meşgul olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum Çizelge 2'de öğle saatleri için belirtilen "sohbet ve yiyecek–içecek tüketme" davranışlarının baskınlığıyla doğrudan örtüşmektedir.

Taksim Metro Hattı: Taksim metro ve tramvay bağlantısında da benzer şekilde yoğunluk saatlere göre farklılaşmıştır. Sabah seanslarında ortalama 3–4 dakikalık beklemeler telefon kullanımı (A) ile geçerken, öğle saatlerinde süreler 3–5 dakika olmuş; çevreyi izleme (B) ve sohbet (C) öne çıkmıştır. Akşam seanslarında beklemeler 5–7 dakikaya yükselmiş, özellikle ayakta bekleme davranışı ile telefon kullanımı baskın hale gelmiştir. Görsel 1, akşam seansında (17.00–19.00) kaydedilen kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir. Görsellerde peron ve koridorlarda oturma kapasitesinin aşıldığı, yolcuların büyük bölümünün ayakta beklediği ve kalabalık akışın yavaşladığı açıkça izlenmektedir. Bu durum Çizelge 2'de akşam saatleri için kaydedilen "ayakta bekleme ve telefon kullanımı" davranışlarının baskınlığıyla doğrudan örtüşmektedir.

Çizelge 2. Kadıköy Otobüs Durağı ile Taksim Metro ve Tramvay Bağlantısında Bekleme Süreleri

	Kadıköy		Taksim	
Zaman Dilimi	Hafta içi	Hafta sonu	Hafta içi	Hafta sonu
Sabah	3–5 dk – A, F	3–5 dk – B, F	3–4 dk – A, D	3–4 dk – A, C
Öğle	4–6 dk – A, C	4–6 dk – E, A	3–5 dk – A, B	3–5 dk – B, F
Akşam	5–7 dk – A, C, F	5–7 dk – A, C		



Görsel 1. Kadıköy Otobüs Durağı ile Taksim Metro ve Tramvay Bağlantısında Baskın Davranışlar

Kadıköy–Taksim karşılaştırması: Kadıköy'de bekleme süreleri özellikle akşam seansında 7 dakikaya kadar uzamış, sohbet ve fotoğraf çekme davranışlarının artışıyla birlikte sosyalleşme yoğunlaşmıştır. Taksim'de ise kısa sabah beklemeleri telefon odaklı iken, akşam yoğunluğu daha çok "ayakta kalış + telefon kullanımı" şeklinde ortaya çıkmıştır. Çizelge 2'ye göre oturma kapasitesinin kullanıcı davranışlarını belirleyen en kritik faktör olduğunu göstermektedir.

4.2. Küçük Ölçekli Kamusal Boşluklar

Karaköy Sokak Aralıkları: Galata sokak aralıklarında bekleme pratikleri turistik yoğunlukla doğrudan ilişkilidir. Sabah seanslarında (2–3 dk) kısa duraklamalar çoğunlukla fotoğraf çekme

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

(F) ve sohbet (C) davranışlarıyla değerlendirilmiştir. Öğle saatlerinde (2–4 dk) tüketim (E) öne çıkarken, akşam seanslarında (3–4 dk) çevreyi izleme (B) ve kısa sohbetler (C) baskın olmuştur (Çizelge 3). Görsel 2, öğle seansında (12.00–14.00) kaydedilen mekânsal yoğunluğu göstermektedir. Galata Kulesi çevresinde turist gruplarının fotoğraf çekimlerine (F) ve kısa sohbetlere (C) yoğunlaştığı görülürken, yan sokaklarda daha küçük grupların mağaza önlerinde vakit geçirdiği ve tüketim (E) davranışlarının öne çıktığı izlenmektedir. Bu durum Çizelge 3'te öğle saatleri için belirtilen "fotoğraf çekme ve tüketim" davranışlarının baskınlığıyla doğrudan örtüşmektedir.

Eminönü Ara Sokakları: Eminönü ara sokaklarında ticaretin yoğunluğu bekleme davranışlarını doğrudan etkilemiştir. Sabah saatlerinde (2–3 dk) çevreyi izleme (B) ve sohbet (C) baskın olurken, öğle seanslarında (3–4 dk) alışveriş (E) davranışları öne çıkmıştır. Akşam saatlerinde (4–5 dk) ise sohbet (C) ve alışveriş (E) birlikte artış göstermiştir (Çizelge 3). Görsel 2, sabah seansında (07.00–09.00) kaydedilen kullanıcı dağılımını göstermektedir. Görselde sokakta küçük grupların sohbet (C) ettiği ve çevreyi izleme (B) davranışlarının öne çıktığı görülmektedir. Alışveriş yoğunluğunun düşük olması, Çizelge 3'te sabah saatleri için kaydedilen kısa bekleme süreleriyle doğrudan örtüşmektedir.

Üsküdar Sokak Aralıkları: Üsküdar sokak aralıklarında bekleme süreleri diğer bölgelere kıyasla daha kısadır. Hafta içi seanslarında (1–2 dk) çevreyi izleme (B) ve kısa sohbetler (C) baskınken, hafta sonunda telefon kullanımı (A) da bu örüntüye eklenmiştir. Öğle ve akşam seanslarında süreler 2–3 dakikaya çıksa da alanın temel işlevi geçiş olarak korunmuştur (Çizelge 3). Görsel 2, öğle seansında (12.00–14.00) kaydedilen mekânsal örüntüleri göstermektedir. Görsellerde sokakların dar morfolojisinin kısa süreli sohbet (C) kümelerine imkân verdiği, ayrıca bireylerin çevreyi izleme (B) davranışına yöneldiği gözlemlenmektedir. Kullanıcı yoğunluğunun düşük olması, Çizelge 3'te öğle saatleri için kaydedilen kısa bekleme süreleriyle doğrudan örtüşmektedir.

Çizelge 3. Karaköy, Eminönü ve Üsküdar Ara Sokaklarında Bekleme Süreleri

	Karaköy		Eminönü		Üsküdar	
Zaman Dilimi	Hafta içi	Hafta sonu	Hafta içi	Hafta sonu	Hafta içi	Hafta sonu
Sabah	2–3 dk – F, B	2–3 dk – F, A	2–3 dk – C, B	2–3 dk – C, F	1–2 dk – C, D	1–2 dk – C, A
Öğle	2–4 dk – E, F	3–4 dk – E, B	3–4 dk – E, C	3–4 dk – E, A	2–3 dk – B, C	2–3 dk – B, D
Akşam	3–4 dk – B, C	3–4 dk – C, B	4–5 dk – B, E	4–5 dk – B, C	2–3 dk – C, B	2–3 dk – C, B



Görsel 2. Karaköy, Eminönü ve Üsküdar Ara Sokaklarında Bekleme Süreleri ve Baskın Davranışlar

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Küçük ölçekli alanlar karşılaştırması: Galata, Eminönü ve Üsküdar sokaklarında yapılan gözlemler, bu tür boşlukların kısa ama yoğun deneyimlere imkân tanıdığını göstermektedir. Galata'da turistik kimlik beklemeyi deneyimsel boyuta taşırken, Eminönü ticari yoğunlukla bütünleşen sosyalleşme üretmiş; Üsküdar ise en kısa bekleme süreleriyle geçiş odaklı bir örüntü sergilemiştir. Bu farklılıklar Çizelge 3'e göre mekânsal morfolojinin davranış örüntülerini doğrudan şekillendirdiğini göstermektedir.

4.3. Bekleme ve Sıra Bekleme Alanları

Üsküdar Vapur İskelesi: Üsküdar iskelesinde bekleme davranışları mekânın akış düzeniyle doğrudan bağlantılıdır. Sabah seanslarında (4–6 dk) telefon kullanımı (A) öne çıkarken, öğle seanslarında (5–7 dk) sohbet (C) ve yiyecek–içecek tüketimi (E) artmıştır. Akşam seanslarında süreler yine 5–7 dakikaya çıkmış, çevreyi izleme (B) ve oturma/dinlenme (D) davranışları belirginleşmiştir (Çizelge 4).

Görsel 3 öğle seansında (12.00–14.00) kaydedilen kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir. Dış alanda vapurdan inen yolcuların hızlı geçişi gözlemlenirken, iç bekleme alanında oturma kapasitesinin büyük ölçüde dolduğu, kalan yolcuların ayakta sohbet (C) ederek veya çevreyi izleyerek (B) bekleme süresini değerlendirdiği görülmektedir. Bu durum Çizelge 7'de öğle seansı için kaydedilen 5–7 dakikalık bekleme süreleriyle doğrudan örtüşmektedir.

Eminönü Meydanı: Eminönü Meydanı'nda gözlemler, özellikle öğle ve akşam seanslarında yoğunluk göstermiştir. Sabah (5–7 dk) beklemeler sohbet (C) ve çevreyi izleme (B) ile sınırlı kalırken, öğle seanslarında (6–8 dk) yiyecek–içecek tüketimi (E) artmıştır. Akşam saatlerinde beklemeler 7–9 dakikaya kadar çıkmış, sohbet (C) ve fotoğraf çekme (F) baskın hale gelmiştir (Çizelge 4).

Öğle seansında (12.00–14.00) kaydedilen kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir (Görsel 3). Görselde bireylerin çoğunlukla hareket hâlinde olduğu, bazı kullanıcıların çevreyi izlediği (B) ve küçük grupların tüketim (E) davranışına yöneldiği gözlemlenmektedir. Akşam seansında (17.00–19.00) kaydedilen gözlemlerde, yoğunlaşan sıra bekleme hattı içerisinde sohbet (C) ve fotoğraf çekme (F) davranışlarının belirgin biçimde öne çıktığı görülmektedir (Görsel 3). Bu durum Çizelge 4'te akşam saatleri için kaydedilen en yüksek bekleme süreleriyle doğrudan örtüşmektedir.

Taksim Meydanı: Taksim'de yapılan gözlemler, meydan ve metro girişlerinin farklı yoğunluklarda bekleme davranışlarını şekillendirdiğini göstermektedir. Sabah (3–4 dk) telefon kullanımı (A) ve çevreyi izleme (B) baskınken, öğle (4–6 dk) sohbet (C) ve fotoğraf çekme (F) artmıştır. Akşam saatlerinde beklemeler 5–7 dakikaya çıkmış, telefon kullanımı (A) ve fotoğraf çekme (F) öne çıkmıştır (Çizelge 4).

Görsel 3 akşam seansında (17.00–19.00) kaydedilen kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir. Görselde bir yandan oturma alanlarında dinlenen, diğer yandan tramvay çevresinde fotoğraf çeken (F) ve meydanda sohbet eden (C) gruplar gözlemlenmektedir. Bu durum Çizelge 9'da akşam saatleri için kaydedilen "fotoğraf çekme ve ayakta bekleme" davranışlarıyla doğrudan örtüşmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çizelge 4. Üsküdar Vapur İskelesi, Eminönü Meydanı ve Taksim Meydanı'nda Bekleme Süreleri

	Üsküdar		Eminönü		Taksim	
Zaman Dilimi	Hafta içi	Hafta sonu	Hafta içi	Hafta sonu	Hafta içi	Hafta sonu
Sabah	4–6 dk – A, C	4–6 dk – A, F	5–7 dk – C, A	5–7 dk – A, B	3–4 dk – C, B	3–4 dk – B, F
Öğle	5–7 dk – A, B	5–7 dk – B, E	6–8 dk – B, E	6–8 dk – C, E	4–6 dk – D, C	4–6 dk – C, F
Akşam	5–7 dk – A, C	5–7 dk – A, F	7–9 dk – C, B	7–9 dk – B, E	5–7 dk – B, D	5–7 dk – B, F



Görsel 3. Üsküdar Vapur İskelesi, Eminönü Meydanı ve Taksim Meydanı'nda Baskın Davranışlar

Bekleme ve sıra bekleme alanları karşılaştırması: Üsküdar, Eminönü ve Taksim gözlemleri, bekleme sürelerinin yalnızca zorunlu geçişlerle sınırlı olmadığını, aynı zamanda sosyal ve bireysel pratiklerle zenginleştiğini göstermektedir. Çizelge 4'e göre, oturma kapasitesi ve sıra bekleme düzeninin bekleme süresini doğrudan uzattığını ortaya koymaktadır. Üsküdar İskelesi'nde özellikle iç mekân bekleme alanlarında oturma kapasitesinin yetersizliği, sohbet ve fotoğraf çekme davranışlarını artırmış; Eminönü'nde sıra bekleme düzeni beklemeyi en uzun süreye taşımış; Taksim Meydanı ise açık alan özelliği sayesinde farklı pratiklere aynı anda imkân tanımıştır.

5. ARTIK ZAMAN PEYZAJLARINA TASARIM ÖNERİLERİ

Bu bölümde, saha gözlemlerinden elde edilen bulgular doğrudan tasarım önerilerine dönüştürülmüş; uzun bekleme sürelerinin kaydedildiği ulaşım odaklı alanlar ve bekleme–sıra bekleme tipolojileri için mekânsal müdahaleler geliştirilmiştir. Küçük ölçekli kamusal boşluklar için ise kısa süreli ve spontane pratiklerin mevcut haliyle korunmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece öneriler, yalnızca estetik değil, aynı zamanda psikolojik, sosyal ve ekolojik deneyimleri güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

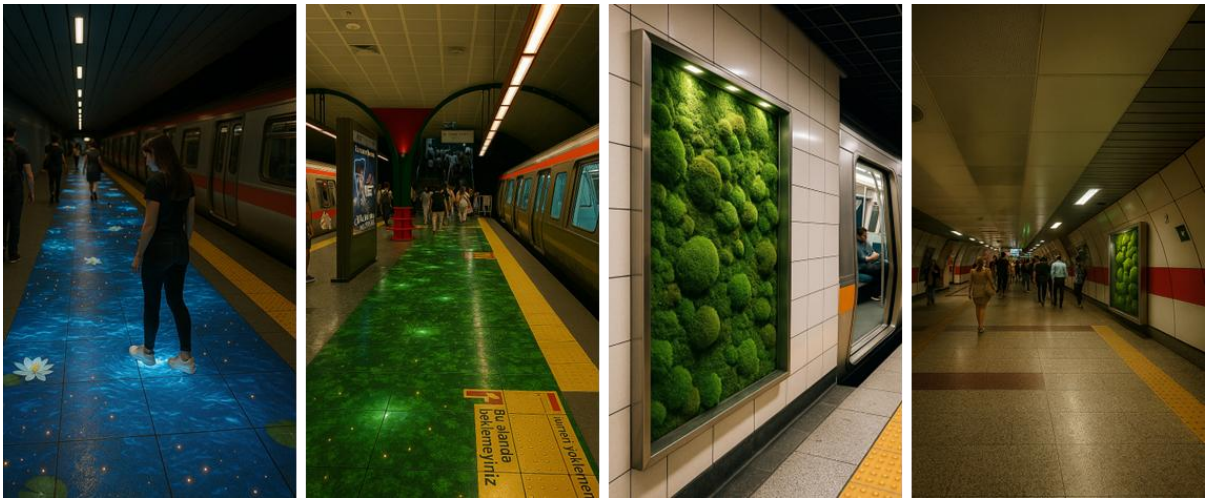
5.1. Ulaşım Odaklı Alanlar İçin Öneriler

Ulaşım odaklı alanlarda (metro peronları, aktarma koridorları, otobüs ve tramvay durakları) gözlenen uzun bekleme süreleri, oturma yetersizliği ve tekdüze yüzeylerin algısal monotonisi kullanıcı deneyimini zayıflatmaktadır. Bu nedenle geliştirilen öneriler, algılanan bekleme süresini azaltmayı, mekânsal okunaklılığı artırmayı ve biyofilik temas yoluyla psikolojik yenilenmeyi desteklemeyi amaçlamaktadır. Literatürde transit mekânların kısa süreli deneyimlerin dönüştürülebileceği stratejik alanlar olduğuna işaret edilmektedir (Kaplan & Kaplan, 1989; Çiğdem & Yılmaz, 2025; Sapsangthong vd., 2025; Baldauf, 2020). Bu çerçevede önerilen dijital yüzey panelleri ve dikey yosun modülleri gibi mikro müdahaleler, düşük bakım ve erişilebilirlik ilkeleri gözetilerek kurgulanmış, kullanıcıların pasif bekleme anlarını deneyimsel mikro-peyzajlara dönüştürmeyi hedeflemiştir (Görsel 4).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Dijital Yüzey Yürüyüş Alanı: Metro peronlarında yapılan gözlemler, özellikle akşam seanslarında bekleme sürelerinin 5–7 dakikaya kadar uzadığını ve bu sürenin büyük ölçüde ayakta ve pasif bekleme davranışıyla geçirildiğini ortaya koymuştur. Telefon kullanımı baskın olsa da bu eylem mekânsal deneyimi dönüştürmekten çok bireysel bir oyalanma işlevi görmektedir.

Dikey Yosun Panelleri: Peron ve geçitlerde yapılan gözlemler, kullanıcıların kısa bekleme anlarında sıklıkla çevreyi izleme davranışına yöneldiğini, ancak bu deneyimin çoğunlukla tekdüze beton ve metal yüzeylere odaklandığını göstermiştir. Bu durum, mekânın algısal açıdan monoton kaldığını ortaya koymaktadır.



Görsel 4: Metro Peronlarında Dijital Yüzey Yürüyüş Alanı - Dikey Yosun Panelleri

Bu bağlamda geliştirilen dijital su yüzeyi yürüyüş alanı, LED tabanlı zemin panelleri aracılığıyla dalga efektleri üreterek beklemeyi oyunlaştırılmış bir deneyime dönüştürmektedir. Kullanıcı hareketleriyle tetiklenen animasyonlar, peron alanını yalnızca geçiş mekânı olmaktan çıkarıp kısa süreli etkileşimlerin gerçekleştiği bir mikro-deneyim alanına dönüştürmektedir. Baldauf'un (2020) transit mekânlarda dijital pratiklerin kullanıcı ilgisini artırdığına dair vurgusu, bu önerinin kavramsal temelini desteklemektedir.

Görsel 4'te görüldüğü üzere, dalga efektleriyle donatılmış zemin panelleri, kullanıcıların adımlarıyla birlikte hareket ederek görsel bir dinamizm yaratmaktadır. Görsel, yapay zekâ destekli üretim yöntemiyle oluşturulmuş ve Taksim metrosunda yapılan saha gözlemleri sırasında kaydedilen mekânsal koşullara entegre edilmiştir. Böylece görsel, bulguların mekânsal karşılığını somutlaştırarak önerinin uygulanabilirliğini tartışmaya açmaktadır.

Bu bağlamda önerilen dikey yosun panelleri, istasyon duvarlarına entegre edilerek biyofilik bir kontrast yaratmakta ve kullanıcıların çevreyi izleme pratiklerini doğa ile ilişkilendirmektedir. Çiğdem ve Yılmaz'ın (2025) biyofilik tasarımın mekân algısını dönüştürdüğüne dair vurgusu, önerinin kavramsal arka planını desteklemektedir.

Görsel 4'te görüldüğü gibi, istasyon duvarına eklemlenen yosun panelleri mekân içinde güçlü bir görsel odak oluşturmaktadır. Görsel, yapay zekâ tabanlı görselleştirme yöntemiyle üretilmiş, Taksim metro istasyonunda gözlem sırasında kaydedilen mekânsal koşullara entegre edilmiştir. Bu sayede görsel, bulgularla tasarım önerisini doğrudan bağlayan bir kanıt işlevi kazanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

5.2. Bekleme ve Sıra Bekleme Alanları İçin Tasarım Önerileri

Bekleme ve sıra bekleme alanları (iskeleler, meydan önleri, aktarma merkezleri), araştırmada en uzun bekleme sürelerinin kaydedildiği tipolojiler olarak öne çıkmıştır. Bu alanlarda kullanıcıların yalnızca pasif biçimde sıra oluşturmadığı, aynı zamanda sohbet, fotoğraf çekme ve çevreyi izleme gibi pratiklerle bu süreyi sosyal ve deneyimsel bir boyuta taşıdığı görülmüştür. Dolayısıyla tasarım önerileri hem yoğun kalabalıkların akışını düzenlemeyi hem de bekleme anlarını deneyimsel ve ekolojik değer taşıyan mikro mekânsal fırsatlara dönüştürmeyi hedeflemektedir. Literatürde kamusal bekleme alanlarının sosyal kimliği pekiştiren kolektif mekânlar olduğu vurgulanmakta (Bengü, 2025; Pirselimoğlu & Matur, 2025) ve bu bağlamda geliştirilen öneriler, kullanıcıların zorunlu beklemelerini estetik, sosyal ve ekolojik deneyimlerle bütünleştirmeyi amaçlamaktadır**.**

Yaprak Formlu Anıtsal Strüktür: Meydanlarda yapılan gözlemler, özellikle hafta sonlarında fotoğraf çekme ve sosyalleşme davranışlarının baskınlaştığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, meydanların yalnızca transit geçiş alanı değil, aynı zamanda kolektif kimliği besleyen buluşma noktaları olduğunu göstermektedir (Görsel 5).

Mikro Bahçe Kapsülleri: İskele ve meydan gözlemleri, kısa bekleme anlarında sohbet veya telefon kullanımının öne çıktığını, ancak doğayla temasın neredeyse hiç bulunmadığını ortaya koymuştur. Bu durum, mekânların ekolojik farkındalık açısından sınırlı kaldığını göstermektedir (Görsel 5).



Görsel 5. Meydanlarda Yaprak Formlu Anıtsal Strüktür; Meydan ve İskelelerde Mikro Bahçe Kapsülleri

Yaprak formunda tasarlanan anıtsal strüktür, meydanlarda hem doğadan esinlenen bir form kazandırmakta hem de toplumsal aidiyeti güçlendiren simgesel bir odak noktası işlevi üstlenmektedir. Bengü'nün (2025) kamusal mekânlarda anıtsal öğelerin toplumsal kimliği pekiştirdiğine dair bulgusu, bu önerinin önemini desteklemektedir.

Görsel 5'te yer alan örnek, yapının meydanda hem estetik bir vurgu hem de kullanıcıların etkileşim kurabileceği bir buluşma noktası olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Görsel, yapay zekâ tabanlı yöntemle oluşturulmuş olup, Taksim Meydanı'nda gözlem sırasında kaydedilen kullanıcı yoğunluklarına entegre edilmiştir. Böylece öneri, bulgularla doğrudan ilişkilendirilmiş bir sahne üzerinden tartışılabilir hale gelmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Mikro bahçe kapsülleri, yoğun sert zeminlerde küçük ölçekli doğa deneyimleri sunarak kullanıcıların bekleme süresini dönüştürmeyi hedeflemektedir. Naghibi vd. (2024) ile Gül & Villi'nin (2025) mikro ölçekli doğa entegrasyonlarının farkındalık yaratmadaki etkilerine ilişkin bulguları, önerinin kavramsal arka planını desteklemektedir.

Görsel 5'te görüldüğü üzere, cam gövdeli bahçe kapsülleri sert zeminler arasında yeşil odaklar yaratmakta ve kullanıcıların kısa bekleme anlarını ekolojik farkındalıkla bütünleştirmektedir. Görsel, yapay zekâ kullanılarak üretilmiş ve Üsküdar İskelesi çevresinde gözlem sırasında kaydedilen mekânsal akışa entegre edilmiştir. Böylece öneri, sahadan elde edilen verilerle bütünleşik biçimde görselleştirilmiştir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu araştırma, İstanbul'un farklı tipolojilere sahip mekânlarında gözlemlenen 3–7 dakikalık bekleme anlarını inceleyerek, gündelik yaşamda çoğu kez görünmez kabul edilen "artık zamanların" mekânsal ve deneyimsel karşılıklarını ortaya koymuştur. Bulgular, bekleme davranışlarının yalnızca süre ile sınırlı kalmadığını; mekânın fiziksel özellikleri, yoğunluk düzeyi ve sosyal işlevleriyle doğrudan şekillendiğini göstermiştir.

Ulaşım odaklı alanlarda yapılan gözlemler, telefon kullanımı ve ayakta beklemenin baskın olduğu işlevsel pratiklere işaret etmiştir. Kadıköy ve Taksim örneklerinde sürelerin sabah saatlerinde kısa, akşam yoğunluğunda ise daha uzun olması, bu alanların transit işlevinin yanı sıra kısa süreli sosyalleşme imkânı sunduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, Moudon'un (1997) kentsel yoğunluğun kullanıcı davranışlarını doğrudan biçimlendirdiğine dair vurgusunu destekler niteliktedir.

Küçük ölçekli kamusal boşluklarda, özellikle Galata, Eminönü ve Üsküdar örneklerinde gözlenen kısa bekleme anları, fotoğraf çekme, alışveriş ve kısa sohbet gibi davranışlarla bütünleşmiştir. Burada sürelerin kısalığına rağmen yoğun etkileşim biçimleri, Stebbins'in (2005) kısa süreli pratiklerin bile anlamlı deneyimlere dönüşebileceğine dair yaklaşımını doğrulamaktadır. Özellikle Galata'daki turistik odaklı beklemeler ile Eminönü'ndeki ticari yoğunluk, alan kimliğinin davranış örüntülerine doğrudan yansıdığını göstermiştir.

Bekleme ve sıra bekleme alanları ise sosyal etkileşimin en yoğun yaşandığı tipolojiler olarak öne çıkmıştır. Üsküdar ve Eminönü iskelelerinde kaydedilen daha uzun bekleme süreleri, bireyleri sohbet, fotoğraf çekme ve çevreyi izleme davranışlarına yönlendirmiştir. Taksim Meydanı'nda ise farklı mekânsal noktalar, aynı anda hem oturarak hem de ayakta gerçekleştirilen çeşitli pratiklere sahne olmuştur. Bu çeşitlilik, Aytaç'ın (2005) gündelik boş zamanın toplumsal ilişkilerle birleştiğinde anlam kazandığına dair vurgusunu desteklemektedir.

Araştırmanın ayırt edici katkılarından biri, gözlemsel bulguların tasarım önerileriyle mekânsal bağlama entegre edilerek somutlaştırılmasıdır. Metro peronlarında dijital su yüzeyi, dikey yosun panelleri, meydanlarda yaprak formlu anıtsal strüktür ve mikro bahçe kapsülleri bu kapsamda geliştirilmiş, saha gözlemleriyle ilişkilendirilmiş ve yapay zekâ destekli görsellerle mekânsal bağlama entegre edilmiştir. Bu öneriler, özellikle uzun bekleme sürelerinin kaydedildiği ulaşım odaklı alanlar ve bekleme– sıra bekleme tipolojilerinde somutlaştırılmıştır. Buna karşılık, küçük ölçekli kamusal boşluklar (Galata, Eminönü ve Üsküdar sokak aralıkları) için ayrı bir tasarım önerisi geliştirilmemiş, bu mekânlarda gözlemlenen davranış örüntüleri

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

doğrudan bulgular çerçevesinde tartışılmıştır. Bunun temel nedeni, bu alanlarda gözlemlenen bekleme sürelerinin kısa (1–4 dk) olması, davranış örüntülerinin daha çok geçiş, kısa sohbet veya fotoğraf çekme gibi mikro ölçekli pratiklerle sınırlı kalmasıdır. Dolayısıyla bu mekânlarda ek bir tasarım müdahalesi yerine, mevcut pratiklerin korunması ve alanların anlık ve adaptif kullanımlar için esnek bırakılmasının daha anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Böylece araştırma, hangi alanlarda tasarım müdahalesinin gerekli görüldüğünü, hangi alanlarda ise mevcut pratiklerin korunmasının daha uygun olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede üçlü bir sınıflandırma öne çıkmaktadır: işlevsel deneyim (ulaşım odaklı alanlar), psikolojik–ekolojik deneyim (küçük ölçekli boşluklar) ve sosyal–kolektif deneyim (bekleme–sıra bekleme alanları). Seren & Taşkın'ın (2025) zamanın yalnızca niceliksel değil, aynı zamanda niteliksel bir deneyim boyutu taşıdığına dair vurgusu ile Kaplan ve Kaplan'ın (1989) dikkat restorasyonu kuramı, bu sınıflandırmanın teorik çerçevesini güçlendirmektedir.

Araştırma, betimsel gözlemlerle sınırlı kalmıştır. Kullanıcı anketleri, deneysel kurgu veya psikometrik ölçeklerin (örn. PANAS, PRS) entegrasyonu, bulguların genellenebilirliğini artırabilir. Ayrıca tasarım önerilerinin pilot uygulamalarla test edilmesi, güvenlik, erişilebilirlik ve bakım boyutlarının sahada doğrulanmasını sağlayacaktır.

Genel olarak bu araştırma, İstanbul örneği üzerinden kentsel "artık zaman peyzajlarını" görünür kılmakta; gündelik yaşamın küçük zaman dilimlerinin yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda deneyimsel ve ekolojik boyutlar taşıdığını göstermektedir. Böylece bekleme süreleri, kent yaşamına entegre edilebilecek potansiyel deneyim alanları olarak yeniden tanımlanmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] García-Martín, M., Roe, J., Bratman, G., & Collado, S., "Restorative potential of urban green spaces," *Urban Forestry & Urban Greening,* 94, 128162, 2025.

[2] Seren, A., & Taşkın, B., "Post-insan tüketiciler için zaman pazarlaması," *Tüketici Araştırmaları Dergisi,* 17(1), 1–19, 2025.

[3] Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective.* Cambridge University Press.

[4] Erişkin, A., Bozkuş, Ö., & Yönal, G., "The semantic analysis of the words 'leisure' and 'free,'" *Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi,* 65(1), 45–66, 2025.

[5] Marx, K., *Das Kapital: Kritik der politischen Ökonomie. Erster Band,* Otto Meissner, Hamburg,1867.

[6] Veblen, T. (1899). *The theory of the leisure class.* Macmillan.

[7] Adorno, T. W., *The culture industry: Selected essays on mass culture,* Routledge, 1991.

[8] Küçükali, A., "An evaluation of the leisure activities of urban dwellers," *International Journal of Cultural and Social Studies,* 8(2), 150–172, 2022.

[9] Erken, S., Begeç, H., & Zengel, R., "Kent planlamasından artakalan mekânların kullanımı," *Mimarlık ve Yaşam Dergisi,* 10(2), 45–58, 2025. https://doi.org/10.26835/my.1563634

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[10] İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul ulaşım ve hareketlilik raporu Haziran 2022,* İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2022**.**

[11] Doğan, H., "Biyofilik tasarım ilkeleri ve kentsel mekânlarda uygulanabilirliği," *Kilis İİBF Akademik Dergisi,* 8(1), 55–70, 2025.

[12] Çiğdem, S., & Yılmaz, A., "Doğa temelli tasarımın kent kültürü ve mekân algısına etkileri: Tarihsel dokularda biyofilik yaklaşım," *Kent Akademisi,* 18(2), 145–162, 2025.

[13] Jo, H., Song, C., & Miyazaki, Y., "Effects of forest and urban sounds," *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 16(17), 2649, 2019.

[14] Qu, C., & Ma, Z., "Multi-sensory approaches in urban green spaces," *Land,* 13(9), 1536, 2024. https://doi.org/10.3390/land13091536

[15] Çil Koçyiğit, S., Güngör Tanç, Ş., & Temelli, F., "Üniversite öğrencilerinin ekolojik ayak izi farkındalığı üzerine bir araştırma," *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi,* 12(3), 412–425, 2025. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1513280

[16] Mola, E., Şahin Kutlu, D., & Sumer Adin, D., "Üniversite öğrencilerinin ekolojik okuryazarlık düzeyleri," *Turkish Journal of Forest Science,* 39(2), 255–268, 2025.

[17] Gül, E., & Villi, E., "Mikro ölçekli peyzaj uygulamaları ve sürdürülebilirlik," *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 27(1), 201–220, 2025.

[187] Çelik, M., "Türkiye'nin sürdürülebilir ulaşım vizyonunda hareketlilik merkezlerinin rolü," *Ulaştırma ve Lojistik Araştırmaları Dergisi,* 7(1), 1–18, 2025.

[19] Fan, Y., Chen, Y., & Zhang, L., "Space efficiency of transit-oriented station areas," *International Journal of Geo-Information,* 14(1), 20, 2025.

[20] Karacan, H., "Paylaşımlı ulaşım modelleri," *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 8(1), 55–72, 2025.

[21] Sapsangthong, W., Limanond, T., & Choocharukul, K., "Transit-oriented development in Thailand," *Sustainable Cities and Society,* 112, 105484, 2025.

[22] Aysu, G., "Kamusal alanların mimari psikoloji bağlamında değerlendirilmesi: Beşiktaş - Ortaköy aksı," *Kent Akademisi,* 18(1), 55–73, 2025.

[23] Ferah, B., & Poyraz, E., "Millet bahçelerinin kamusal açık mekânlar olarak kalite analizi," *İzmir Demokrasi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 6(1), 45–61, 2025.

[24] Pirselimoğlu, Z., & Matur, A., "Bursa Fatih Sultan Mehmet Bulvarı: Ulaşım ve peyzaj," *Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 3(1), 22–35, 2025.

[25] Mehta, V., "Evaluating public space," *Journal of Urban Design,* 19(1), 53–88, 2014.

[26] Taherdoost, H., "Sampling methods in research methodology," *International Journal of Academic Research in Management,* 5(2), 18–27, 2016.

[27] Mack, N., Woodsong, C., MacQueen, K. M., Guest, G., & Namey, E., *Qualitative research methods: A data collector's field guide,* Family Health International, 2005.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[28] Baldauf, M., "Pervasive displays for public transport," *Proceedings of the 8th ACM International Symposium on Pervasive Displays,* 33–39, 2020.

[29] Bengü, S., "Kamusal alan ve mekânsallık: Mimari normlar, fenomenoloji ve katılım," *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 26(1), 88–104, 2025.

[30] Naghibi, F., Khoshbakht, F., & Foroughmand Araabi, M., "Small urban green spaces: Insights into perception," *Frontiers in Psychology,* 15, 1316472, 2024.

[31] Moudon, A. V., "Urban morphology as an emerging interdisciplinary field," *Urban Morphology,* 1(1), 3–10, 1997.

[32] Stebbins, R. A., "Choice and experiential definitions of leisure," *Leisure Sciences,* 27(4), 349–352, 2005. https://doi.org/10.1080/01490400590962470

[33] Aytaç, Ö., "Boş zaman üzerine kuramsal yaklaşımlar," *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 231–246, 2005.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THE ROLE OF AUDITORY LANDSCAPE EXPERIENCE IN LANDSCAPE ARCHITECTURE IN URBAN AREAS

Rojda ŞİMŞEK[1]
ORCID 1: 0009-0009-5431-0593
[1] Graduate Student, Van Yuzuncu Yil University, Institute of Science, Department of Landscape Architecture, 65090, Tusba, Van-Türkiye
rojdasimmsek21@gmail.com

Feran AŞUR [2]
ORCID 2: 0000-0001-9480-5536
[2]Assoc. Prof. Dr. Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, 65090, Tusba, Van-Türkiye
feranasur@yyu.edu.tr

ABSTRACT

In today's cities, environmental quality is often assessed through visual elements. In contrast, individuals' spatial perception is multisensory, and not only the visual design but also the quality of the auditory environment in cities is crucial for living comfort and sustainable urban development. Numerous studies highlight the balancing and soothing role of natural sounds, such as water, wind, and birdsong, in urban life. Furthermore, within the framework of spatial perception theories, the effects of sound on wayfinding, belonging, identity, and creating a sense of place have been extensively evaluated.

This study examines the concept of soundscape within the context of landscape architecture, focusing on the effects of the auditory environment on spatial perception and user experience in urban spaces. The physical and psychological properties of sound are explained, emphasizing that noise is a subjective phenomenon and varies according to individual perceptions. Furthermore, the effects of sounds on user perception, such as directionality, depth perception, stress, or relaxation, and the role of sound in cultural heritage sites are discussed, and the social and physiological consequences of noise are addressed. The soundwalk method, which can provide designers with qualified data on which sounds should be preserved or reduced in urban areas, is explored as a research tool.

The necessity of considering auditory elements in urban design and landscape planning in a manner equivalent to visual design is emphasized for the creation of sustainable and livable urban environments. Consequently, it has been demonstrated that the soundscape is a crucial design component that enhances spatial perception, enriches the user experience, and enhances acoustic comfort.

Keywords: Soundscape, concept of sound, concept of noise, spatial perception

Introduction

Today, to increase the overall well-being of society, attention is paid to ensuring a comfortable physical environment (temperature, light, visual, and sound) in outdoor spaces. As a crucial

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

element of the physical environment, significant efforts have recently been made to reduce the rising noise level in cities. However, this has proven insufficient to provide the desired soundscape quality, especially in urban areas (Fowler, 2013; Cerwén et al., 2017).

The concept of "soundscape," introduced to academic literature by Schafer in the 1960s, is used to describe the interaction between sound sources, the auditory-acoustic environment, and their social contexts (Schafer, 1994). Due to its focus on the relationship between humans and their sound environment, soundscape research and the design approaches developed accordingly have received greater attention from urban planners, acousticians, and social science researchers compared to traditional noise control strategies. However, current acoustic strategies implemented in urban spaces are mostly limited to the noise management paradigm; This situation highlights the need for a more holistic and prioritized approach to soundscape design (Schulte-Fortkamp, 2002; Kang, 2004). Some empirical studies indicate that individuals' responses to environmental noise may be related to their acoustic environment and emphasize the importance of evaluating the soundscape (Job and Hatfield, 2001; Klæboe et al., 2005). The growing interest in urban soundscapes stems largely from the quest to improve urban environmental quality and create sustainable living spaces (Raimbault and Dubois, 2005). Two fundamental factors influence soundscape quality: sound level and sound preferences. While sound level discomfort is not the sole factor in individuals' perception of the soundscape, many feelings, such as individual preferences, comfort, and enjoyment, can arise. Soundscape design is a phenomenon in which acoustic factors, in the same way as visual factors, must be included in the design process. (Öncül, 2023).

The Concept of Sound

Albers (1970) defines sound as a waveform transmitted by compression and expansion, which creates a direct sensory effect on the human auditory system. Sound, a physical form of energy, occurs as a result of vibration and the propagation of energy in waves in solid, liquid, or gaseous media. These waves propagate from the source to the environment through acoustic pressure changes, exhibiting both temporal and spatial propagation (Kennedy & Timerson, 1996).

Period (T), one of the fundamental physical parameters of a sound wave, represents the time required for one complete wave to form, while frequency (f) indicates the number of waves formed in one second. Period is measured in seconds (s), and the unit of frequency is defined as Hertz (Hz). Higher frequencies are generally expressed in kiloHertz (kHz), representing a thousand times Hertz.

The human auditory system is capable of detecting sound waves vibrating at frequencies between approximately 20 Hz and 20,000 Hz (20 kHz). This frequency range determines the auditory sensitivity of the human ear and serves as a fundamental reference point for auditory environment analysis (Cowan, 2016).

A sound wave travels through the atmosphere as vibrations. Numerous variable factors, such as ambient temperature, climatic conditions, distance, existing structures, and topography, influence sound propagation. Therefore, sound can have different speeds and intensities in various environmental conditions. Wind, in particular, has a direct and visible effect on the

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

propagation of distant sounds. When the wind direction is parallel to the sound source, sound waves tend to be directed downward. This leads to an increase in the sound pressure level. Conversely, when the wind moves in a direction away from the sound source, sound waves are directed upward, resulting in a decrease in the sound pressure level (Maekawa, 1994). Therefore, the effect of wind is particularly important when recording sound. The unit for sound pressure level is the decibel (dB), derived from electrical engineering, and is used as a ratio or relative value measurement. Because the human ear's ability to hear sounds varies depending on their frequency, measurements made solely in dB may not accurately reflect the sound level, which can lead to inaccurate results. Therefore, the "A"-weighted sound level measurement, or "dBA," developed to account for the ear's sensitivity to sounds at different frequencies, is widely used in sound measurements (Avşar, 1998).

When the "sense of hearing" is included in the definition of sound, the psychological characteristics of sound emerge. In other words, "sound is what we hear." The interpretation of a sound as desirable (e.g., music, nature, etc.) or undesirable (e.g., sawing, traffic, etc.) depends largely on the individual's current activity, past experiences, and their approach to the sound source. (Öncül, 2023) When the loudness of a sound exceeds a certain decibel level or reaches a level that is harmful to health, that sound is generally considered "noise." Noise can also be defined as unwanted sound that is incompatible with the surrounding environment and therefore creates stress or discomfort (Wissmann, 2014).

The Concept of Noise

Noise is a very significant form of environmental pollution that negatively affects people's hearing health and perception, can disrupt physiological and psychological balance, reduce performance and productivity, and alter the quality of the environment by disrupting its tranquility (Ministry of Environment and Forestry, 2008). After becoming a problem in social life in the Middle Ages, it began to be studied within the field of acoustics only in the last century. The recognition that various environmental noises, especially transportation noise, pose a significant risk to human and public health, and the increasing number of people directly affected by noise, have made the issue of noise even more important (Özgüven, 2008).

In phonology, noise is defined as "any unwanted sound that interferes with the sounds being listened to." The crackling noise produced on the radio is called interference (Güler, Çobanoğlu, 1994). The Turkish Language Association defines this concept as "the totality of disorganized sounds that are not in harmony, noise, or hubbub." Today's general definition of noise is: It is defined as ‘any loud sound’ (TDK, 2018).

In light of these definitions, noise can be broadly defined as unwanted sound. This reveals that noise is a relative concept (Wallace, 2012). The definition of unwanted sound demonstrates that the subjective aspect of noise is dominant and that its evaluation can vary depending on human values and judgments (Kurra, 1982). While some sounds may sound like music to some people, others may interpret these sounds as noise (Yılmaz & Özer, 1997).

Environmental noise is generally defined as sounds found outdoors, lasting for long periods of time, and not causing hearing loss unless they are loud. However, they can cause health and

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

comfort problems in the short, medium, and long term. Generally considered a problem of urban life, noise is a disturbing problem encountered in all types of open and closed spaces where people live (urban and rural areas, natural parks, archaeological and historical sites, indoor spaces (housing, schools, etc.) (Özçevik, 2012).

What is Soundscape?

The concept of soundscape was first used in the urban context in Michael Southworth's thesis "The Sonic Environment of Cities" (1967). Later, with the internationally recognized article of the same name (1969), and with Raymond Murray Schafer's work "The New Soundscape" (1969), the concept of "soundscape," as it is known today in the literature, refers to the sounds that can be perceived by humans or users in an auditory environment created by multiple sounds (Kaya, 2018). Soundscape is concerned with the relationships between humans, the environment that includes sound and the ear, and society. The scientific discipline that examines the relationship between humans and the environment is called soundscape ecology or acoustic ecology (Kaymaz and Belkayalı, 2013).

Soundscape is a concept that describes the combination of sound and landscape and is the subject of multiple professional disciplines (Pijanowski et al., 2011). Many architects and planners understand the concept of a soundscape as encompassing all the sounds present in a space. Soundscape refers to the perception of an area or park as an auditory environment by individuals. In the soundscape approach, the focus should be on sounds desired to be heard, not unwanted or disturbing sounds. Soundscape is a key factor in the perception of visual events. Furthermore, soundscape is a key element in creating a sense of ambiance. Each soundscape has a different soundscape. The soundscape creates a personal image of the environment and its surroundings. From this perspective, the desired sounds are indicators of the quality of the environment (Hesar, 2019).

Famous landscape architect Ian McHarg (1969) defined the landscape architecture process, in part, as a synthesis of layers of information. McHarg's overlay techniques help to weight together the areas of interest in the landscape. One of these layers was the information about the sounds within the landscape in terms of noise. The soundscape of a place is simply its sonic or acoustic environment, and the receiver or listener is at the center of the sonic landscape. Schafer, among other things, argued that soundscapes lend themselves to analysis and design. For him, acoustic design meant exploring principles by which the aesthetic qualities of an acoustic environment could be enhanced. These principles might include eliminating or restricting certain sounds through noise reduction, preserving sounds that impart character or a sense of place (sound cues as the acoustic equivalent of visual cues), or creatively placing sounds to create engaging and stimulating environments (Pouya, 2017).

Soundscape research has been conducted across disciplines. However, there is currently no universal definition or common understanding of the term soundscape itself. The focus has been on the relationship between soundscape and landscape, where soundscape is defined as the full range of sounds perceivable in a given landscape at a given time and the human responses to these acoustic cues that significantly contribute to the landscape's characteristics. Soundscape

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

research has also been conducted using various approaches and can be divided into three groups based on soundscape characterization methods. One objective method is to obtain soundscape information by analyzing sound recordings for physical parameters. The second method involves a combination of objective and subjective soundscape acquisition techniques, involving both objective analysis of sound recordings and subjective testing (Liu et al., 2014).

Spatial Perception and Its Importance

Spatial perception is the process by which individuals interpret their environment through sensory data, particularly visual and auditory elements, transforming it into a mental experience of "place." As Kevin Lynch emphasizes in his work "The City Image," people create an image map by coding urban space through mental components such as "path," "boundary," "landmark," "region," and "node." This map enables individuals to navigate the space and establish an emotional connection with the environment (Lynch, 2019).

In his work "Space and Place," Yi-Fu Tuan argues that the abstract concept of "space" transforms into a concrete place through an individual's experiences and emotional attributions; sound, smell, and touch play a role equivalent to visuals in this transformation (Tuan, 2009).

In Turkey, İlhan Tekeli examines the perception of urban space in its social, cultural, and political dimensions, demonstrating that spatial arrangements shape not only physical but also social relations (Tekeli, 2009). Thus, soundscape analysis enriches spatial perception studies and offers new dimensions to both designers and conservationists.

The Impact of the Soundscape on Spatial Perception

In urban environments, designers have long focused on shaping space with visual tools; however, users' spatial experience is a multisensory process. The soundscape—all the natural, anthropogenic, and technical sounds of an environment—is one of the fundamental components shaping this experience (Schafer, 1994).

The concept of the soundscape, also known as the soundscape, which sits at the core of sound and spatial communication in the literature, emerged from the concept of landscape, which pertains to the sense of sight. Definitionally, it can be summarized as the way an acoustic environment is perceived and understood by individuals, groups, and/or society (Yang & Kang, 2005).

Schulz, one of the most prominent researchers on the concept of space, proposes ideas about the perception of space by mentioning five concepts of space. The five spaces proposed by Schulz are: It is classified as existential space, which creates an image of an individual's external environment; perceptual space, which creates direct orientation; corporeal space created by physical movement; conceptual space created by the physical universe; and logical space (Schulz, 1971).

In a space, qualitative factors such as color and smell, and quantitative factors such as density and duration, are perceptually imprinted in an individual's memory. Therefore, these factors

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

create an interactive relationship not only with the space itself but also between the space and the life that takes place within it (Asar, 2013). For these reasons, a sound heard or a smell felt by a person in a space is revived in memory as an image by connecting it with past experiences and knowledge. In line with all these influences, the person and the space are in constant interaction. The space is shaped by the person, and the person adapts to the space (Asar, 2013). The perceptibility of space varies for each individual due to influences such as personal experience, knowledge, and cultural background. Therefore, many factors influence the perception of a space (Asar, 2013). Legibility: For a space to be read and perceived, there must be movement within that space. For this reason, Kevin Lynch, in his book "The Image of the City," touches upon the concept of direction and emphasizes the importance of directional direction for the perception of space (Asar, 2013).

Creating spatial perception: To create perception in a space, the effect of movement must first occur, because humans are not fixed beings. Wherever they stay or go, they are constantly in motion, even briefly. Due to this effect, humans create certain images in their minds and establish a perceptual relationship with those images in the space (Asar, 2013). Schulz explains the effect of movement in architectural space as follows: "The human being is at the focal point of the space, and the directions of the space continue to change with their movements" (Schulz, 1971).

Structure and identity: Lynch divides the environmental image into three parts: identity, structure, and meaning. Therefore, when a space is perceived, its structure and identity find meaning in the mind of the perceiver according to these concepts (Asar, 2013).

Perceivability: For perceivability to increase and create a strong perceptual quality in the perceiver, the perceiver's awareness effect must be strong. However, perceivability alone is not effective. During the perceptual process, the individual must consider perceiving with both awareness and spatial characteristics (Asar, 2013).

The Effect of Sound on User Perception

First of all, directionality, the ability to identify the source of sound, facilitates users' orientation and navigation within a space. Natural sound elements contribute to the perception of a space as "open" and inviting by providing a clear directionality; however, traffic and machinery noise can obscure this perception, creating a sense of disorientation (Özçevik, 2012). The reflection and delay times of sound from surfaces define the sense of spatial depth. When controlled reflections are created with water features or acoustic panels, the user experiences a sense of "width," while the intense reflections caused by hard surfaces create the perception of a "closed" environment (Özçevik, 2012). Sound can soothe an individual's stress, but it can also exacerbate it. While urban users derive pleasure from the sound of a space, they can also, in the words of Blair Kamin (2015), "go crazy."

From the second half of the 20th century to the present, various researchers have documented the invisible effects of urban sound on users. Sound can have serious physiological consequences (such as deafness, tinnitus, cardiovascular damage), social consequences (noise avoidance/antisocialization), and political consequences (resistance to new airports planned for

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

residential areas/legal action) (Packard, 1957; Scanner, 1994; Hopkins, 1994; Lanza, 1994; Atkinson, 2007).

For example, the sound of police sirens in North American cities has increased by as much as 40 dB since the beginning of the 21st century due to increased traffic, street activity, and increased electromechanical background noise. This is because police sirens are expected to be heard above other sounds (some studies have reported that the calls and singing of certain types of birds in urban areas are affected by this same situation).

Regarding social consequences, Bull's (2000) research with urban residents who regularly use personal music players can be cited. His research found that city dwellers primarily prefer personal music players with headphones to escape the multilayered, complex urban soundscape. These auditory sanctuaries can offer users "radiant" experiences that the mundane living environment cannot. The dominant urban soundscape is perceived by users as "intruding into individual space uninvited, requiring headphones to block it out and replace it with another auditory space." Bull's research highlights this oppressive quality of the urban soundscape on urban users. Here, the content, complexity, and context of the sound, rather than its volume, are also at the forefront.

The Role of Sound in Cultural Heritage Sites

Cultural theory is the sensory theory that influences people's understanding of space and the concept of space. In cultural theory, the information people have experienced in their familiar lives, stored in their minds, and the associations of sounds heard influence the definition and perception of that space. For example, the sound of a bell may not mean anything to someone who has never heard a bell or seen a church, but it may not evoke anything in their mind, and may even cause them to be startled. Cultural theory explains how auditory perception varies from person to person. Not every sound heard in a space is perceived the same way. Giving meaning to a space through auditory perception and understanding it can vary. Every sound we hear in a city can be felt very closely through perceptual references, even if we are not present in the space at that moment (Gezer, 2012). "Sound is among the elements that define and shape urban life. Although it may seem temporary and fleeting, or insignificant and ineffective, every sound we hear in a city tells us something about the life and qualities of that city and makes us feel it" (Gezer, 2012). As a result of the time we spend in a space and the way we use it, that space acquires meaning in our memory through selected memories. This entire process of perception can vary depending on the individual, their worldview, and the culture of the geography in which they live (Aytuğ & İnceoğlu, 2009)."

Soundwalk

A soundwalk, introduced in the 1960s by acoustic ecologist R. Murray Schafer (1977), is an empirical method used to describe the soundscape and its components of a space. This sociological method helps define people's perceptions and experiences of the acoustic urban

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

space they occupy. A soundwalk, frequently used in soundscape studies, refers to a walk within a space focused on listening to the sound environment. A soundwalk is a research method that aims to analyze the auditory characteristics of a space by consciously listening to or recording sounds while walking. This method evaluated which sounds should be protected in urban open spaces and which sounds were perceived as noise, based on user perception (Schafer R.M., 1977).

In the 1970s, Schafer initiated the World Soundscape Project, and soundwalks became an effective empirical method for defining the soundscape. Westerkamp (2001), who participated in the project, describes soundwalks as "any excursion undertaken for the purpose of listening to the environment as a soundwalk," and argues that these are acoustic training sessions that expose listeners to the sound composition of the environment. A creative/innovative aspect of this method is the use of binaural sound recordings, a technique typically used for room acoustics criteria that characterize the spatial distribution of sound energy, to characterize the outdoor environment. It is well known that stereophonic sound perception is crucial for creating a realistic picture of the physical environment. Therefore, using this technique to characterize urban soundscapes is beneficial.

Examples of Soundscape Design

There are various studies on audio landscape design in different countries around the world. A few examples of Audio Landscape Design are listed below:

1. "Thames Barrier Park": This park is located on the banks of the River Thames in London. Designed with a soundscape in mind, it was the first riverside park in London since the 1950s. The 22-acre park, featuring a variety of trees and shrubs, a fountain, a children's playground, and a sports field, opened in 2000 (Figure 1). The park was built on a plateau to protect visitors from the sounds of nearby traffic. A green moat also runs through the center of the park, reflecting the history of London's docks. In addition to masking traffic noise, the moat adds visual movement to the park (Thames Barrier Park, 2022).

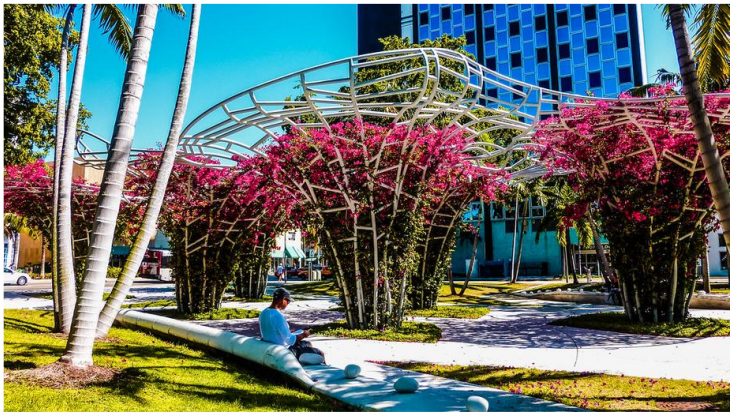


Figure 1. “Soundscape Park”, Miami, United States

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2. "Paley Park": Located in Manhattan, New York, Paley Park, designed in 1967, is one of the most well-known landscape projects that utilizes masking strategies to reduce urban noise. In a densely populated city, it's a popular destination thanks to its unique design, allowing it to create a quiet space by isolating noise from surrounding spaces (Figure 2). Surrounded on three sides by tall buildings, the area's most striking feature is a six-meter-high water wall on its rear wall. The other two side walls are covered with English ivy, creating a "vertical garden." Carob trees act as a natural sound barrier, while the water wall creates white noise, masking the intense street noise (Paley Park, 2022).



Figure 2. "Paley Park", New York, United States

3. "Sea Organ": Located on the coast of Zadar, Croatia, the architectural "Sea Organ," a tourist attraction, is a symbolic example of sound, the world's first musical organ played from the sea. Designed near the ferry terminal, the "Sea Organ" is a space where 35 tubes are installed beneath the stairs (Figüre 3). The water, accelerated by the movement of the sea waves, pushes the air to create sound, which then reverberates above the promenade. This project, which won the European Urban Public Space Award in 2006, features sea waves creating unique melodies (Arch Daily, 2022).



Figure 3. Buitenschot Land Art Park", Amsterdam, Netherlands

4. "Soundscape Park," Miami

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The urban park, designed on a 2.5-acre site on Miami's coast, is designed to serve as both an urban escape and a gathering place for social and cultural events. Inspired by South Florida's tropical climate, cloud-shaped pergolas provide shade for users and also serve as structural elements for bougainvillea plants to drape over. What distinguishes Miami Soundscape Park from other urban spaces is its unprecedented use of audiovisual harmony (Figure 4). Speakers built into the park's structural elements allow visitors to relax and listen to classical music (Soundscape Park, 2022).



Figure 4. “Sea Organ”, Zadar, Croatia

Conclusion

This study examined the effects of the concept of soundscape on spatial perception and user experience in urban spaces. While visual elements dominate traditional design approaches, contemporary landscape and architectural approaches reveal that the sound environment is at least as important as the visual in giving meaning to space. Considering that people perceive their environment not only visually but also through multiple senses such as hearing, touch, and smell, the importance of soundscape design becomes more evident.

Soundscape is a multidimensional phenomenon that shapes spatial experience through factors such as directionality, depth, acoustic comfort, and emotional connection, influencing the relationship between individuals and their surroundings. Natural sounds (birdsong, water) have been found to create a relaxing and inviting atmosphere, while artificial sound sources such as traffic are found to be disruptive. Furthermore, sounds have been shown to influence how individuals experience a space, how they navigate, and how much time they spend there. Consequently, auditory components should not be overlooked in urban design and landscape planning, and natural and positive sound sources should be supported, noise control should be ensured, and acoustic comfort should be enhanced. Therefore, the auditory landscape should be considered an integral part of user-centered and multisensory design approaches.

References

Albers V.M 1970. The world of sound. A.S Barnes & Co., inc. New Jersey

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Arch Daily. https://www.archdaily.com/777512/hear-thiscroatian-seawall-sing-as-the-wind-and-waves-lap-the-shore

Asar, H. (2013). Mimari Mekân Okumasında Algısal Deneyim Analizinin Bir Yöntem Yardımıyla İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Eskişehir.

Atkinson, R. (2007). Ecology of Sound: The Sonic Order of Urban Space. Urban Studies, 44, 1905-1917.

Avşar, Y. (1998). Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Kampüsü ve Civarının Gürültü Haritasının Çıkartılması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi: İstanbul.

Aytuğ, A. ve İnceoğlu, M. (2009). Kentsel mekânda kalite kavramı, Megaron Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Edergisi, 4/3,131-146.

Bull, M. (2000). Sounding Out the City: Personal Stereos and the Management of Everyday Life. Oxford: Berg.

Cerwén, G., Wingren, C., and Qviström, M. Evaluating soundscape intentions in landscape architecture: A study of competition entries for a new cemetery in Järva, Stockholm. J. Environ. Plan. Manag. 2017, 60, 1253–1275.

Cowan, J. P. (2016). The Effects of Sound on People. Wiley Series in Acoustics Noise and Vibration.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Gürültü Azaltım Yöntemleri El Kitabı, Ankara,2008.

Fowler, M. D. (2013). Soundscape as a design strategy for landscape architectural praxis. Des. Stud. 2013, 34, 111–128.

Gezer, H. 2012. Mekânı Kavrama Sürecinde Algılama Bileşenleri İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi

Güler Ç, Çobanoğlu Z, Gürültü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi 19, T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara, 1994.

Hopkins, J. (1994). Orchestrating an indoor city: ambient noise inside a mega-mall. Environment and Behaviour, 26, 785-812.

Job, R. F. S., and Hatifield, J. The impact of soundscape, enviroscape, and psychscape on reaction to noise for evaluation and regulation of noise effects. Noise Control Engineering Journal 49: 120– 124.

Kamin, B. (2015). Soundscape of the City is About More than Decibels, Chicago Tribune. Chicago Tribune:

Kang, J. Urban Sound Environment. Taylor & Francis, London. 2004. Print.

Kaya, Ç. (2018). Kent Mekanının Ses Kolajlarıve Ses Kartpostalları Üzerinden Ses Peyzajıyla Temsili (Doctoral Dissertation, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran).

Kaymaz, I., Belkayalı, N., & Akpınar, N. (2013). Peyzaj Mimarlığı Kapsamında İşitsel Peyzaj Kavramı: Ankara Kent Parkları Örneği. Peyzaj Mimarlığı, 5, 14-17.

Kennedy, C.R. and Timerson, B.J. (1996). An introduction to sound basics. Minnesota Pollution Control Center, Minnesota.

Klæboe, R., Kolbenstvedt, M., Fyhri, A., and Solberg, S. (2005). The Impact of an Adverse Neighbourhood Soundscape on Road Traffic Noise Annoyance. Acta Acustica United with Acustica, 91, 1039–1050.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Kurra, S., (1982). Çevre gürültüsü ve İstanbul'da bir uygulama. UNESCO Çevre Düzenleme Günü, Çevre 82 Sempozyumu.

Lanza, J. (1994). Elevator Music: A Surreal History of Muzak, Easy-listening, and other Moodsong. New York: Picador.

Liu, J., Kang, J., Behm, H., & Luo, T. (2014). Effects Of Landscape On Soundscape Perception: Soundwalks İn City Parks. Landscape And Urban Planning, 123, 30-40.

Lynch, K. (2019). *Kent imgesi* (İ. Başaran, Çev.). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Maekawa, Z. (1994). Environmental and architectural acoustics. E&FN SPON, London.

Öncül, N. E. (2023). Kentsel Mekanların İşitsel Peyzaj Kalitesinin Değerlendirilmesi: Çanakkale Kent Merkezi Örneği.

Özçevik, A., (2012). İşitsel Peyzaj 'Soundscape' Kavrami ile Kentsel Akustik Konforun İrdelenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, 303.

Özgüven N, Gürültü Kontrolü, Endüstriyel ve Çevresel Gürültü, Genişletilmiş 2. Baskı, Türk Akustik Derneği Teknik Yayınları, Ankara, 2008.

Packard, V. (1957). The Hidden Persuaders. Harmondsworth: Penguin

Paley Park. https://www.tclf.org/landscapes/paley-park

Pijanowski, BC, Farina, A., Gage, SH, Dumyahn, SL Ve Krause, BL (2011). Ses Manzarası Ekolojisi Nedir? Ortaya Çıkan Yeni Bir Bilime Giriş ve Genel Bakış. Peyzaj Ekolojisi, Ekolojisi, 1213-1232.

Pouya, S. (2017). Peyzaj Mimarlığının Ses Peyzajı Deneyimindeki Rolü. Türk Orman Bilimleri Dergisi, 1 (2), 183-193.

Raimbault, M., and Dubois, D. (2005). Urban soundscapes: Experiences and knowledge. Cities, 22(5), 339–350.

Scanner. (1994). 1. London: Ash International.

Schafer, R. M. (1994). The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world. Destiny Books: Rochester, Vermont.

Schulte-Fortkamp, B. (2002). Soundscapes and living spaces sociological and psychological aspects concerning acoustical environments. in Proceeding of Forum Acusticum, Sevilla, Spain.

Schulz, C.N. (1971). Existence, Space& Architecture.New York: Praeger Publishers Inc, 119.

Soundscape Park. https://www.landscapeperformance.org/casestudy briefs/soundscape-park

Thames Barrier Park. https://www.london.gov.uk/programmesstrategies/environment-and-climate-change/parks-green-spaces-andbiodiversity/parks-and-green-spaces/thames-barrier-park

Tekeli, İ. (2009). *Modernizm, Modernite ve Türkiye'nin Kent Planlama Tarihi*. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.

Tuan, Y. F (2009). Space and place: The perspective of experience. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Türk Dil Kurumu (TDK), (2018). Erişim Tarihi: 03.12.2018. http://www.tdkterim.gov.tr/bts/.

Wallace, M. Y., (2012). Peyzaj mimarlığında 'akustik ekoloji': 'sespeyzajları'nın İzmir kenti örneğinde irdelenmesi (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, 227.

Wissmann, T. (2014). Geographies of Urban Sound. Ashgate Publishing Limited: England.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Yang, Wei, and Kang, J. (2005b). Soundscape and Sound Preferences in Urban Squares: A Case Study in Sheffield. Journal of Urban Design, 10(1), 61–80.

Yılmaz, H., ve Özer, S., (1997). Gürültü kirliliğinin peyzaj planlama yönünden değerlendirilmesi ve çözüm önerileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(3).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ECOLOGICAL AND CULTURAL LANDSCAPE VALUE OF THE PUQUIOS, THE ANCIENT HYDRAULIC SYSTEM OF THE NASCA CIVILIZATION

Muhammed Emir GÖRAL[1]

ORCID 1: 0009-0007-5335-0249

[1]Phd. Student, Van Yuzuncu Yil University, Institute of Science, Department of Landscape Architecture, 65090, Tusba, Van-Türkiye

m.emirgoral@hotmail.com

Feran AŞUR [2]

ORCID 2: 0000-0001-9480-5536

[2]Assoc. Prof. Dr. Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, 65090, Tusba, Van-Türkiye

feranasur@yyu.edu.tr

Abstract

This paper aims to examine the puquios hydrological systems developed in the Nasca Valley of Peru from the perspective of landscape architecture. These systems, consisting of underground water tunnels, spiral ventilation wells (ojos), open ditches, and reservoirs, are not only engineering structures but also cultural and spatial landscape elements integrated with the natural environment. Puquios were constructed in harmony with the topography in arid climate conditions, enabling agricultural production without disrupting the visual integrity of the surface.

The study used a literature review method based on open-access online academic publications, evaluating the system's ecological functions, its role within the cultural landscape, and its references to landscape architecture. Native species such as the huarango (Prosopis pallida), used in the construction of puquios, which possess ancient hydraulic systems, are considered not only as building materials but also as elements that contribute to the natural character of the landscape. The findings demonstrate that puquios hydraulic systems offer nature-based solutions that can inspire contemporary landscape designs. These structures are considered a historical model for integrating traditional knowledge systems into modern landscape architecture in the fight against climate change. Consequently, puquios with their hydraulic systems are among the leading examples of sustainable landscape design, incorporating local materials, microclimate management, and cultural continuity.

Keywords: Cultural Landscape, hydraulic systems, microclimate management

INTRODUCTION

More than 6,000 years ago, humans, turning to settled life alongside agriculture, developed various methods to more efficiently collect natural water resources in areas where water was insufficient and to regulate the timing and amount of water to suit crops and animals (Lightfoot, 2000). Systems such as the qanat system, a type of irrigation system consisting primarily of

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

wells and underground water channels, are examples of such uses in ancient Egypt, Mesopotamia, and ancient Persia (Schreiber & Rojas, 1995). In this context, another system with a similar structure to the qanat system is the puquios.

Water, which plays a central role not only in vital importance but also in ecological and cultural landscape design (Boelens et al., 2016), has been developed in the Nasca Valley in southern Peru, providing agriculture with: It was created with a complex structure consisting of spiral-shaped ventilation wells (ojos) and underground tunnels (Wikipedia, 2025a). The seismic characteristics of the region and the construction materials necessitated such a stepped, conical, and spiral shape to stabilize the structure and facilitate access to the well (Valipour et al., 2020). These systems utilize gravity to transport water to the surface, providing sustainable irrigation in arid regions (Schreiber & Rojas, 1995).

These ancient systems, constructed on the Nasca Plateau from the 5th century AD (Wikipedia, 2025a), have been rediscovered using modern remote sensing techniques and are still valuable today for sustainable water management (Lasaponara & Masini, 2011).

Puquios systems, while enabling the gravity-assisted water removal to the surface, also enabled the irrigation of agricultural lands and access to water for settlements in harmony with the topography. Such ancient and traditional irrigation systems are considered not only technical but also cultural and spatial landscape elements; they shape lifestyles in rural areas today, as they did in the past (Strang, 2004). When considered alongside similar structures worldwide, such as the kehriz (qanat) systems of Iran, China, and Central Asia, puquios are considered part of a global "water heritage landscape" (UNESCO, 2025). Re-examining ancient irrigation systems like puquios, which flow through landscapes, technologies, and cities, is important for revealing how traditional knowledge systems can be integrated into modern landscape approaches to combat climate change (Boelens et al., 2016). Such structures represent sustainable water management strategies that the discipline of landscape architecture considers both as historical references and design inspiration within the context of nature-based solutions. This study examines the ecological and cultural landscape value of puquios, the ancient hydraulic system of the Nasca civilization.

MATERIAL AND METHOD

The study employed a literature review method using online, open-access, scientific publications. The study evaluated the structural and landscape-related characteristics of the puquios hydraulic systems in Peru (Figure 1), a region prominent in South America for its mining, agriculture, and tourism, and the center of the Inca Empire. The system's engineering structures were analyzed, along with climate and vegetation data from the Nasca region. Furthermore, the system's historical context and its place within the cultural landscape heritage were explored using open-source academic publications such as UNESCO, Latin American Antiquity, and Atlas Obscura.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

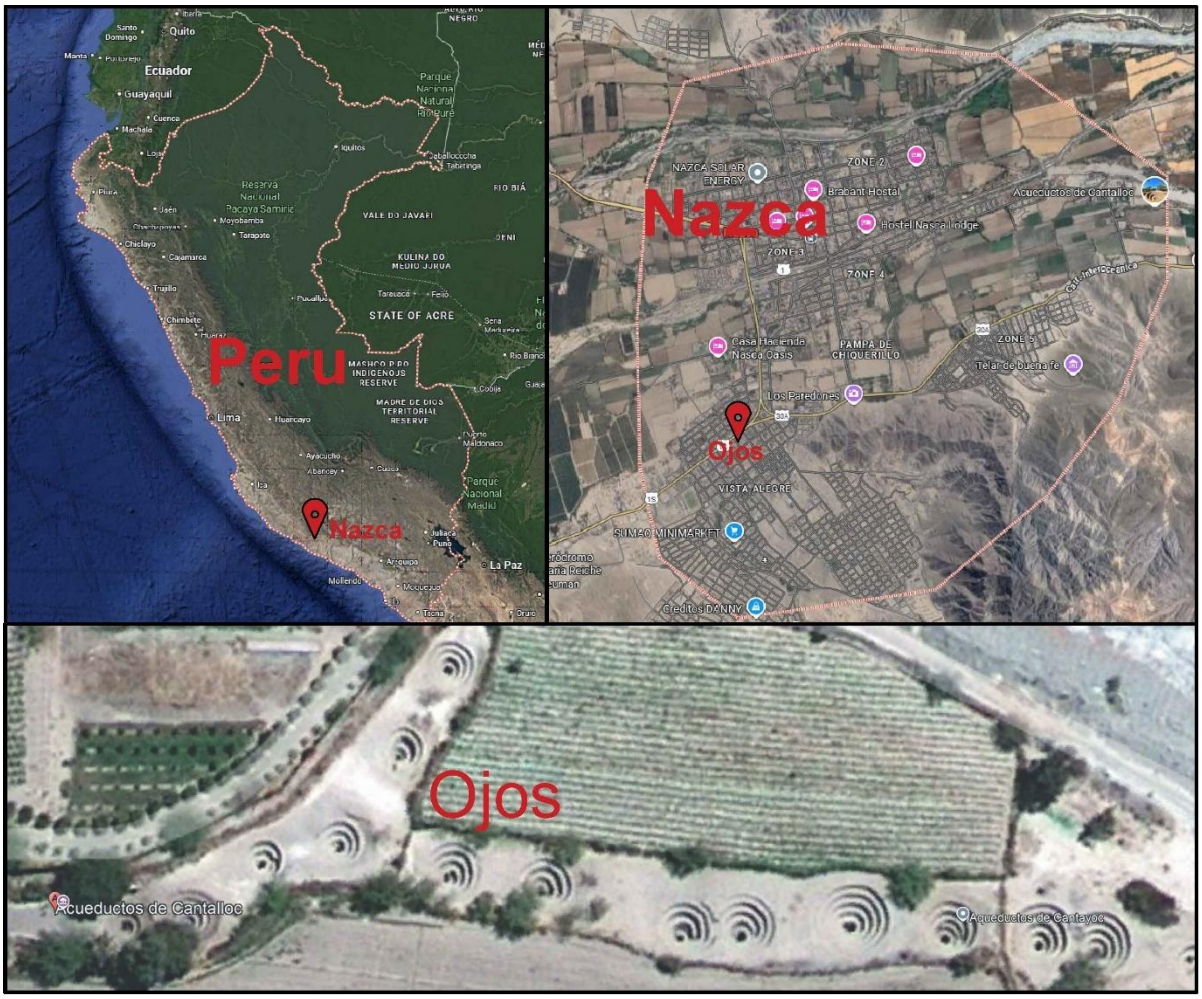


Figure 1. Satellite Images of Parts of the Puquios (Ojos) (Google Maps and Earth).

Nasca Valley Climatic Conditions

The Nasca Valley, located in the Ica region of Peru, a southwestern coastal desert, receives an average annual precipitation of around 266 mm (due to fog and clouds generated by the Humboldt Current) and has an extremely arid climate, with the highest precipitation in February (average 83 mm) and the lowest in June (totaling around 1 mm) (Climate-Data.org, 2024). The climate is characterized by a desert climate characterized by high evaporation, sunny, and hot weather (Figure 2) (Climate-Data.org, 2024; Wikipedia, 2025b).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

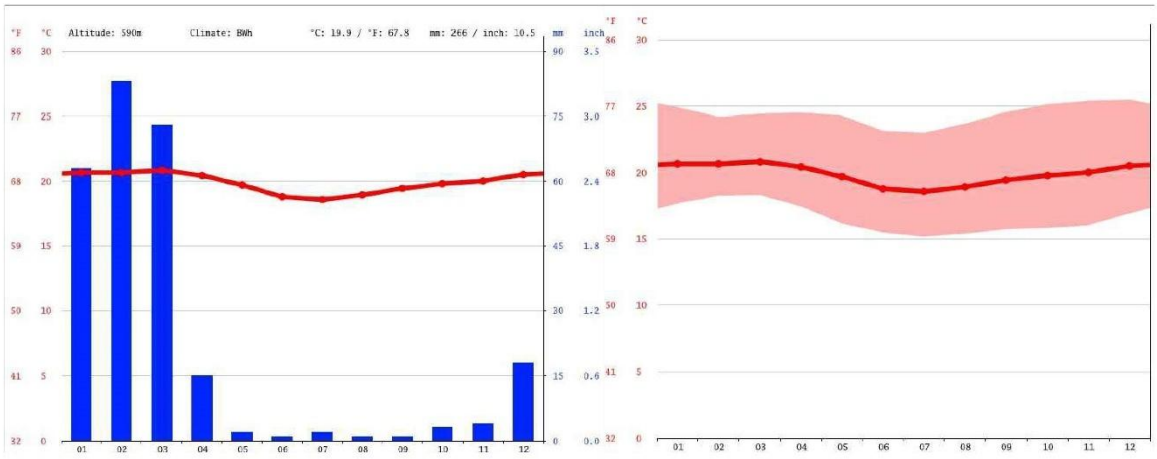


Figure 2. Nasca Climate Graph and Temperature Diagram (Climate-Data.org, 2024).

The annual average temperature of this region is approximately 19.9°C, with daily maximum temperatures of 24–25°C in January–March and lowest temperatures dropping to around 15°C at night in June–August (Climate-Data.org, 2024).

This significant seasonal variability necessitates the seasonal regulation and storage of water. Therefore, groundwater systems such as puquios provided a vital resource during this dry period to sustain both settlements and agricultural activities.

Flora of the Nasca Region

The Nasca Valley is located in the hyperarid climate zone of the Pacific coastal desert and contains unique ecosystems with low plant diversity (Ruhm et al., 2022). Although no significant flora studies have been conducted in the Nasca Valley, located between the Andean foothills (Precordillera) and the Pacific Ocean in southern Peru, due to the influence of the desert climate, the vegetation in the region generally consists of sparse, dwarf shrubs, succulents, and xerophytic herbs (Figure 3). Species associated with loma ecosystems, which can retain moisture under foggy conditions, are particularly common (Ruhm et al., 2022). While the floristic diversity of the Andes increases in the transition from sea level to altitude, 215 different plant species were identified in the Ica region in field studies conducted at altitudes between 740 and 1600 m, and recent studies have revealed that there are about 500 species in the coastal desert of Ica, and among these species, families capable of storing water such as Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Solanaceae, Malvaceae and Cactaceae have adapted and become dominant (Montenegro et al., 2022).

Leguminos species, found in the arid climate of the Nasca region, enrich the soil by fixing nitrogen from atmospheric sources and desalinating it. Thus, they create microclimate zones in natural ecosystems with the moisture they generate in agricultural areas (Beresford Jones et al., 2009). Crops such as beans, corn, squash, and cotton are cultivated in the region, albeit on a small scale, through irrigation (Montenegro et al., 2022).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Figure 3. Vegetation of the Nasca Valley and Some Representative Species (Montenegro et al., 2022).

Furthermore, floristic differences between the Nasca plateau and the Andean cloud-covered regions are shaped by the distribution of ecological corridors and non-invasive native species (Ruhm et al., 2022). These connections are important because hydraulic systems like puquios diversify environmental microhabitats and support ecological plant communities.

Puquios

Although some sources today claim that puquios were rebuilt during the Spanish colonization period, the earliest construction of puquios systems is thought to have occurred between the 2nd and 7th centuries AD, during the Nasca civilization (Clarkson & Dorn, 1995). Measurements published in the University of Cambridge's journal Latin American Antiquity indicate that the rock varnish in two puquios structures originated between 560 and 660 AD, supporting a definitive Pre-Columbian era (Clarkson & Dorn, 1995). Proulx (1999), noting the parallels between past agricultural settlements and puquios systems at the archaeological site, stated that during periods of drought, the ancient Nasca people developed these systems to maintain rural life. In this respect, puquios were constructed as a necessary and innovative response to meet water needs.

Puquios are a comprehensive hydraulic system consisting of underground water channels, surface canals, reservoirs, and spiral-shaped holes designed by the Nasca civilization, which established civilizations in some of the world's driest regions, for irrigation in Peru's Nasca Valley (Dunnel, 2019; Šedina et al., 2019). More specifically, they consist of horizontal galleries (gallery-type), spiral wells (ojos), filled-trench galleries, open trenches (open ditches), reservoirs (kochas), and irrigation canals (acequias). These covered canals, which descend gently from the mountains, branch off into smaller branches throughout the Nasca Valley, providing water to fields and gardens year-round (Schreiber & Rojas, 1995). Of the 46 puquios

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

documented, 32 are currently in use, the most famous being the Cantalloc Puquios, which consists of 22 spiral eyes (or shafts) (Valipour et al., 2020).

Generally speaking, there are two different types of puquios based on their shape and size: open trench puquios and gallery-type puquios, which are longer and deeper trench galleries (Figure 4) (Lasaponara & Masini, 2011). Depending on the terrain, there is also a combined type (gallery-to-trench), which combines both gallery and open trench forms, depending on the terrain conditions.

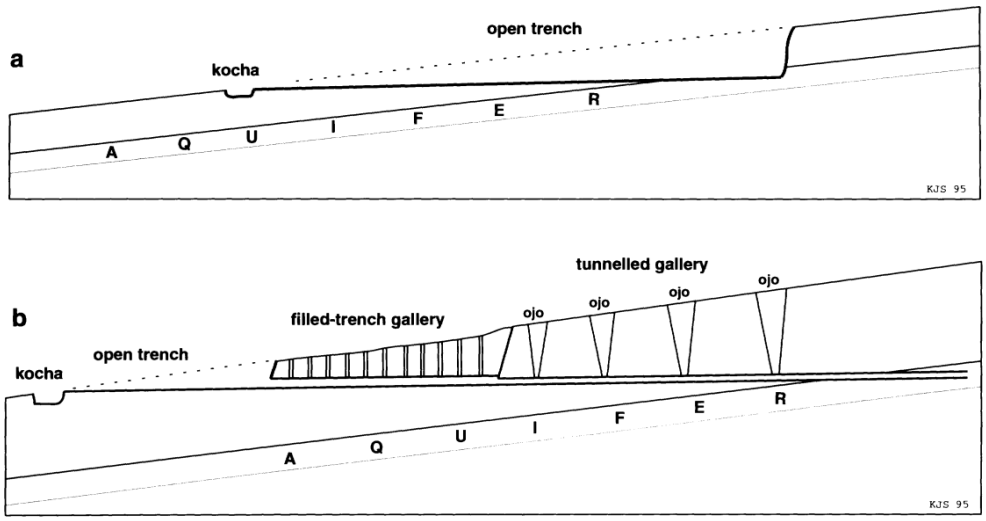


Figure 4. Sections of a Trench-Type Puquio (a) and a Gallery-Type Puquio with Both Filled and Tunneled Sections (b) (Schreiber & Rojas, 1995).

In open trench types, a narrow trench is excavated to draw water from an aquifer near the ground surface. The trench is usually approximately 1 meter wide, making aquatic resources accessible at the surface. The trench edges are supported by stone walls and, when necessary, stabilized with terrace-like arrangements, after which the water is released and directed to agricultural areas. Gallery-type puquios are narrow, tunnel-like puquios, approximately 1 square meter in cross-section, excavated to access underground aquifers. In combined puquios, the tunnels can be covered with stone slabs or soil fill, creating a filled trench form. This reduces water evaporation and allows for surface use (Lasaponara & Masini, 2011; Masini & Lasaponara, 2016). Furthermore, narrow galleries are covered with soil, creating a filled trench.

Ojos, spaced 10–30 meters along the galleries, provide tunnel maintenance, ventilation, and light access. The narrow horizontal galleries (gallery-type) of puquios have walls built of river stones supported laterally and a ceiling covered with wooden beams or stone slabs made of huarango wood (Prosopis pallida) (Ponce-Vega, 2015; Schreiber & Rojas, 1995). Ojos were constructed at varying intervals along the galleries to provide annual cleaning, air circulation, and sunlight (Figure 5). These spiral structures were also important for the natural flow of water (Schreiber & Rojas, 1995; Lasaponara & Masini, 2011). Ojos can reach up to 15 meters in diameter at the top and 1.8 meters at the base. They draw in the wind and push water through underground channels, acting as natural pumps (Dunnel, 2019). Water filtering into the puquios is discharged into kochas or directly into irrigation channels.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Figure 5. An Ojo Image (Lasaponara & Masini, 2011).

Landscape Values of the Puquios

The structural features of the puquios systems are notable not only from an engineering perspective but also for their interaction with the landscape. River cobbles were used as the primary building material in the construction of the puquios systems; these stones served as a filler in the side walls of the galleries and open ditches, promoting the smooth flow of water and increasing structural strength (Dunnel, 2019; Seglins et al., 2017). Furthermore, the thin stone slabs (lajas) used in the ceiling lining and some channel walls were carefully placed to prevent the galleries from collapsing; this structural element provided both insulation and contributed to the system's longevity (Wikipedia, 2025a). It also integrated the unique visual landscape with the region's distinctive appearance.

The huarango tree beams used for additional structural support of the gallery ceilings were critical for providing locally sourced, durable wood, ensuring the structure's safety and continuity, particularly by supporting the underground ceilings (Wikipedia, 2025a). The excavated soil, applied after the galleries were closed, was integrated with the surrounding landscape through a soil infill method, reducing evaporation and enabling surface use in agricultural areas (Lasaponara & Masini, 2011; Tapete et al., 2013).

The soil fill constructed over the underground galleries not only created a character integrated with the natural topography in the surface landscape but also created fertile ground that facilitated agricultural production. These structures enabled sustainable irrigation with technical elements concealed underground, without any structural intervention on the surface. Thus, instead of disrupting the visual integrity of the cultural landscape, they harmonized with it. The use of indigenous species such as the huarango for structural purposes is important not

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

only for material supply but also for preserving the local ecosystem and maintaining the cultural landscape fabric. In this context, puquios systems are among the historical and ecological references offered to landscape architecture by indigenous engineering practices that are compatible with nature and have a low carbon footprint. They inform contemporary design approaches, particularly within the context of nature-based solutions applicable in arid climates.

Conclusion

Landscapes are significantly influential in reexamining ancient hydrological systems, such as puquios that flow through cities, and in demonstrating how traditional knowledge systems can be integrated into modern landscape approaches to combat climate change. Puquios, the ancient hydraulic system of the Nasca civilization, not only serves a water transport function; it also plays a critical role in revitalizing regional ecosystems, maintaining cultural landscape identity, and helping local people develop climate-resilient agricultural practices. In this context, puquios serve as a model for contemporary landscape architectural designs within the context of nature-based solutions (NBS).

Built with local materials and techniques and in harmony with the topography in arid climates, puquios serve as a historical reference for today's sustainable landscape practices. Furthermore, the design of these systems achieves spatial harmony between the natural and cultural landscapes through underground solutions without disrupting the integrity of the visual landscape.

In terms of vegetation, the formation of humid microclimates around puquios increases habitat diversity in the desert ecosystem, where xerophytic and succulent species are concentrated. Thus, they can emerge as a significant biophysical element supporting landscape diversity. Puquios are exemplary structures where ancient and traditional knowledge systems can be integrated with contemporary landscape architecture. In arid and water-stressed regions, these systems have the potential to offer both technical and cultural solutions to landscape design.

Characteristics such as the use of local materials, integration with natural topography, and microclimate creation make puquios inspiring for sustainable landscape architecture today and offer the potential for the creation of water-focused landscapes in arid climates. Consequently, such examples of cultural landscape heritage can be repurposed by integrating them into future landscape designs to combat climate change.

References

Abudanh, F., Twaissi, S., 2010). Innovation or technology immigration? The Qanat systems in the regions of Udhruh and Maʾan in southern Jordan. Bulletin of the American Schools of Oriental Research, 360(1), 67-87.

Beresford-Jones, D. G., Arce, S., Whaley, O. Q., & Chepstow-Lusty, A. J. (2009). The role of Prosopis in ecological and landscape change in the Samaca Basin, lower Ica Valley, south coast Peru, from the Early Horizon to the Late Intermediate Period. *Latin American antiquity*, *20*(2), 303-332.

Boelens, R., Hoogesteger, J., Swyngedouw, E., Vos, J., & Wester, P. (2016). Hydrosocial territories: a political ecology perspective. Water International, 41(1), 1-14.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Boelens, R., Hoogesteger, J., Swyngedouw, E., Vos, J., & Wester, P. (2016). Hydrosocial territories: a political ecology perspective. *Water International*, *41*(1), 1-14.UNESCO (2022).

Clarkson, P. B., & Dorn, R. I. (1995). New chronometric dates for the puquios of Nasca, Peru. *Latin American Antiquity*, *6*(1), 56-69.

Climate-Data.org (2024). Clima Nasca: Temperatura, Climograma y Tabla climática para. https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/ica/nazca-764107/.

Dunnel, T., 2019. Puquios: the Sophisticated Hydraulic System of The Nazca Civilization. *Atlas Obscura*. Erişim Tarihi: 18.05.2025. https://www.atlasobscura.com/places/puquios.

Lasaponara, R., & Masini, N. (2011). Satellite remote sensing in archaeology: Past, present and future perspectives. Journal of archaeological science, 38(9), 1995-2002.

Lightfoot, D. (2000). The Origin And Diffusion Of Qanats İn Arabia: New Evidence From The Northern And Southern Peninsula. *Geographical Journal*, *166*(3), 215-226.

Masini, N., & Lasaponara, R. (2016). Aqueducts and geoglyphs: the response of Ancient Nasca to water shortages in the desert of Atacama (Peru). *EGU General Assembly*.

Montenegro, A., Vega-Vera, N., & Linares-Palomino, R. (2022). Plant Diversity and Structure İn Desert Communities Of The Andean Piedmont İn Ica, Peru. Vegetation Classification and Survey.

Ponce-Vega, L. A. (2015). Puquios, Qanats Y Manantiales: Gestión Del Agua En El Perú Antiguo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, *12*(3), 279-296.

Proulx, D. A. (1999). *Nasca Puquios and Aqueducts: The Need for Archaeological Investigation*. University of Massachusetts. Erişim adresi: https://people.umass.edu/proulx/online_pubs/Zurich_Puquios_revised_small.pdf.

Ruhm, J., Böhnert, T., Mutke, J., Luebert, F., Montesinos-Tubée, D. B., & Weigend, M. (2022). Two sides of the same desert: Floristic connectivity and isolation along the hyperarid coast and precordillera in Peru and Chile. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 862846. https://doi.org/10.3389/fevo.2022.862846.

Schreiber, K. J., & Rojas, J. L. (1995). The puquios of Nasca. *Latin American Antiquity*, *6*(3), 229-254.

Šedina, J., Hůlková, M., Pavelka, K., & Pavelka, jr, K. (2019). RPAS for documentation of Nazca aqueducts. European Journal of Remote Sensing, 52(sup1), 174-181.

Seglins, V., Kukela, A., & Lazdina, B. (2017). Nazca lines as an indicator of ancient irrigation system elements. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, *17*, 299-306.

Strang, V. (2004). The Meaning of Water. Oxford: Berg.

Tapete, D., Cigna, F., Masini, N., & Lasaponara, R. (2013). Prospection and monitoring of the archaeological heritage of Nasca, Peru, with ENVISAT ASAR. *Archaeological Prospection*, *20*(2), 133-147.

UNESCO, 2025. Qanats as cultural heritage systems. https://whc.unesco.org/.

Valipour, M., Ahmed, A. T., Antoniou, G. P., Sala, R., Parise, M., Salgot, M., Bensi, N., S. & Angelakis, A. N. (2020). Sustainability of Underground Hydro-Technologies: From Ancient to Modern Times and toward the Future. Sustainability, 12(21), 8983. https://doi.org/10.3390/su12218983

Wikipedia, 2025 a. https://en.wikipedia.org/wiki/Puquios.

Wikipedia, 2025 b. Nazca. Wikimedia Foundation. https://en.wikipedia.org/wiki/Nazca.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

TOXICITY OF NITRITE AND NITRATE SALTS USED IN ANIMAL PRODUCTS

Assistant Professor, Ülkü YEREBASAN [1]
Bingöl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology, Bingöl, Türkiye. uyerebasan@bingol.edu.tr - ORCID: 0000-0003-2369-866X

Research Assistant, Esma KAYAOĞLU[2*]
Bingöl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Food Hygiene and Technology, Bingöl, Türkiye. Ankara University, Institute of Health Sciences, Ankara, Türkiye. ekayaoglu@bingol.edu.tr - ORCID: 0009-0007-5605-1842

ABSTRACT

Due to processing and preservation methods, dried meat products and certain types of cheese are among the foods most frequently found to contain nitrite and N-nitrosamines worldwide. Compared to nitrate, nitrite is ten times more toxic. In meat processing, nitrite salts are added as preservatives to maintain the natural colour of the meat, enhance its flavour and, most importantly, provide protection against Clostridium botulinum bacteria, which causes botulism.

In food environments, nitrite readily combines with secondary amines to form N-nitrosamines. Exposure to high-temperature cooking techniques such as frying and grilling accelerates the progression of this chemical reaction. The International Agency for Research on Cancer (IARC) has included a series of nitrosamines in the group of compounds considered to be probable carcinogens in humans.' This classification reflects that they pose a significant threat to public health. Nitrite also has the ability to oxidize hemoglobin in the bloodstream into methemoglobin, which reduces the blood's oxygen-carrying capacity and, in serious cases, causes hypoxia and acute toxicity..

This study, which examines the processing factors and chemical reactions that lead to the production of nitrite and nitrosamines in animal products, highlights their potential health risks and the biological pathways through which toxicity arises. Furthermore, the implementation of regulatory restrictions on nitrites, advances in processing technologies, and the use of natural antioxidants or antimicrobial compounds remain active areas of research aimed at reducing these risks. The findings emphasize the importance of comprehensive regulatory controls, consumer education initiatives, and the implementation of new approaches to safeguard food safety and nutritional value.

Keywords: Nitrite; Food safety; Processed meat; Nitrosamine

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. CHEMICAL NATURE AND PROPERTIES OF NITRITES AND NITROSAMINES

Within the framework of EU legislation, nitrite (NO_2^-) and nitrate (NO_3^-) salts, registered as E249–E250 and E251–E252, are accepted as approved food additives and are widely used in meat processing Technologies (Sorour et al., 2023). The reaction of nitrite with secondary amines leads to the formation of nitrosamines, a subgroup of N-nitroso compounds. Nitrosamines are divided into volatile and non-volatile groups based on their structural properties (Y. Xie et al., 2023).

2. APPLICATIONS AND FUNCTIONS OF NITRITES IN THE FOOD INDUSTRY

Sodium nitrite ($NaNO_2$) and potassium nitrite (KNO_2) are commonly used in charcuterie products and significantly contribute to food safety by preventing the growth of Clostridium botulinum bacteria (Shakil et al., 2022).

3. POTENTIAL HEALTH RISKS TO HUMANS

3.1. Harmful Effects

Potential Carcinogenic Effects: Exposure to high nitrate levels in drinking water is significantly associated with stomach cancer cases. Every 10 mg/L increase in nitrate concentration increases the risk ratio by approximately 1.91 times. Furthermore, a similar relationship exists for cancers originating in the digestive system and thyroid cancer (Ward et al., 2008; DellaValle et al., 2014;Cross et al., 2011;Van Hecke et al., 2015; L. Xie et al., 2016).

Methemoglobinemia: The characteristic color of meat is largely influenced by redox transformations in myoglobin, which contains heme groups that coordinate oxygen and iron (Li et al., 2016). High nitrite levels convert hemoglobin into methemoglobin, thereby impairing oxygen transport in the blood (Dissanayake et al., 2024). Deoxyhemoglobin is the form in which iron remains in the ferrous (Fe^{2+}) state but is not bound to oxygen. This structural form is responsible for the purplish-red or purplish-pink appearance of meat. In oxyhemoglobin, iron remains in the iron (Fe^{2+}) form but forms a complex with oxygen, giving the flesh its vivid red color. Methemoglobin, which contains iron in the oxidized Fe^{3+} (ferric) form, lacks the ability to bind oxygen and produces a characteristic brownish color in meat (Mancini & Hunt, 2005). The binding of nitrite (NO) to the haem iron in the myoglobin molecule results in the development of a different form of myoglobin, which is responsible for the typical pinkish-red colour of dried meat (Elroy et al., 2015; Higuero et al., 2020;Suman & Joseph, 2013).

Thyroid Issues: Various studies have indicated that long-term exposure to nitrates and nitrites causes enlargement of the thyroid gland (Lambers et al., 2000).

3.2. Positive Effects

It has been reported that dietary intake of nitrates and nitrites has beneficial effects on glucose regulation and insulin tolerance (Khalifi et al., 2015). Research conducted on animals indicates that nitrates and nitrites obtained from food sources may lower blood pressure by increasing antioxidant activity. The blood pressure-lowering effect is attributed to nitrite and nitric oxide, which are the biological conversion products of nitrates (Amaral et al., 2015;Ling et al., 2018). It has been suggested that a high dietary nitrate intake lowers triglyceride levels and inhibits platelet aggregation, thereby providing protection against stroke and atherosclerotic disorders (Bondonno et al., 2017;Burnley-Hall et al., 2018).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

4. MECHANISMS OF NITROSAMINE FORMATION AND ASSOCIATED RISKS

The combination of secondary amines and nitrites, particularly under acidic conditions, leads to the synthesis of nitrosamines. High-temperature cooking methods (grilling, frying), acidic environments (stomach pH), and high levels of nitrite and amines increase the rate of this reaction. The main types of nitrosamines are known as NDMA, NDEA, NPIP and NPYR (Pan et al., 2024).

5. GEOGRAPHICAL DIFFERENCES IN NITRITE CONTENT OF PROCESSED MEAT PRODUCTS

According to the World Health Organization's International Agency for Research on Cancer (IARC), processed meats fall into Group 1 carcinogens and show sufficient evidence of carcinogenicity in humans. According to regulations, the acceptable daily intake (ADI) is defined as 0–0.07 mg/kg body weight for nitrite and 0–3.7 mg/kg body weight for nitrate (Gray, 2024). Research conducted in Greece revealed that 6.6% of consumers exceeded the acceptable daily intake (ADI) for nitrite, raising concerns about potential health risks. The main factor underlying this situation is pork consumption, which accounts for 41.5 percent of the total (Kotopoulou et al., 2022). The average nitrite (13.7 ppm) and nitrate (32.6 ppm) concentrations detected in processed meats in the USA show significant variations depending on product characteristics and geographical distribution (Sheng et al., 2025). Analyses revealed that nitrite levels in processed meat produced in Jordan remained below the legally established maximum level of 150 ppm, thus meeting legal safety criteria (Khanfar et al., 2019).

6. CONTROL STRATEGIES AND PREVENTIVE APPROACHES

6.1. Limitations on the Use of Nitrites

According to European Union (EU) food safety regulations, specifically Commission Regulation (EC) No 1333/2008 on food additives, the maximum permitted nitrite residue content in meat products is 150 mg/kg. For this reason, labelling frameworks and control mechanisms are considered indispensable tools for ensuring regulatory compliance and protecting consumer interests (Eissa, 2024). Due to its potent carcinogenic properties and widespread occurrence, NDMA is one of the most critical nitrosamines detected in water systems, food products, and pharmaceutical preparations. Nitrozamine production varies significantly depending on its source and environmental conditions. Research conducted in the United States has revealed that, particularly in distribution networks treated with chloramine, approximately 10% of water samples contained levels exceeding the reporting threshold of 2 ng/L for NDMA (Russell et al., 2012). Measurements taken in Korea have determined that NDMA levels in chlorinated drinking water vary between 26.1 and 112.0 ng/L (Kim & Han, 2011).

6.2. Consumer awareness and cooking methods

The formation of nitrosamines in meat products increases significantly when exposed to high temperatures, particularly during frying and grilling processes. During high-temperature processing, nitrite and nitrates used in curing meat may undergo thermal decomposition, leading to the formation of nitrosamines (Seo et al., 2022). Research has shown that high-temperature cooking methods (such as frying and grilling) cause a significant increase in NDMA formation compared to methods involving lower temperatures (Fiddler & Pensabene, 1996). Research into reducing nitrite content in meat products indicates that, beyond approaches such as high-pressure processing, irradiation, encapsulation, and zinc protoporphyrin IX formation, the application of

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

nitrite-based active packaging and cold plasma technologies offers promising alternatives (Yıldız Turp & Avcı, 2022;Kaur et al., 2022). Vitamin C, plant extracts and natural antioxidants are among the factors that may help limit nitrosamine production (Agwu et al., 2024).

7. RESULTS AND INTERPRETATION

During meat processing, nitrite is commonly added as a preservative, ensuring the stability of the natural pink-red color and enhancing the salty taste of the meat. It acts as an antioxidant and also accelerates the oxidation process of fats in meat. Additionally, it exhibits bacteriostatic activity, inhibits Clostridium botulinum, and thus prevents the formation of botulinum toxin. Studies have linked exposure to sodium nitrite with potential health hazards, including an increased risk of cancer. Excessive intake of nitrite from meat products can cause acute methemoglobinemia, while chronic exposure is associated with an increased risk of colorectal cancer due to the formation of nitrosamines. Nitrates are not toxic in themselves, but they can be reduced to nitrite by anaerobic bacteria found in the gastrointestinal tract. The toxicity of nitrites is five to twenty times higher than that of nitrates. However, some studies have shown that nitrite may have beneficial effects in regulating blood pressure and maintaining cardiovascular health. Due to their carcinogenic potential, the use of these compounds in meat products should be restricted. In recent years, interest in organic eggs has been increasing, and producers are seeking new options to ensure safety and reduce nitrite levels. However, there is no alternative that can fully replace the multifunctional roles of nitrite in processed and dried meat products. In terms of food safety, further research is required to find a cost-effective and functional alternative to nitrite. The collaborative awareness of food producers, regulatory authorities, and consumers plays a crucial role in minimizing potential risks. The preference for natural preservatives and the development of innovative processing methods will contribute to solving this problem in the future.

RESOURCES

Agwu, E., Ezihe, C., & Kaigama, G. (2024). Antioxidant Roles/Functions of Ascorbic Acid (Vitamin C). In *Ascorbic Acid - Biochemistry and Functions* (Vol. 11, Issue tourism, p. 13). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.110589

Amaral, J. H., Ferreira, G. C., Pinheiro, L. C., Montenegro, M. F., & Tanus-Santos, J. E. (2015). Consistent antioxidant and antihypertensive effects of oral sodium nitrite in DOCA-salt hypertension. *Redox Biology*, *5*, 340–346. https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.06.009

Bondonno, C. P., Blekkenhorst, L. C., Prince, R. L., Ivey, K. L., Lewis, J. R., Devine, A., Woodman, R. J., Lundberg, J. O., Croft, K. D., Thompson, P. L., & Hodgson, J. M. (2017). Association of Vegetable Nitrate Intake With Carotid Atherosclerosis and Ischemic Cerebrovascular Disease in Older Women. *Stroke*, *48*(7), 1724–1729. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.016844

Burnley-Hall, N., Abdul, F., Androshchuk, V., Morris, K., Ossei-Gerning, N., Anderson, R., Rees, D., & James, P. (2018). Dietary Nitrate Supplementation Reduces Circulating Platelet-Derived Extracellular Vesicles in Coronary Artery Disease Patients on Clopidogrel Therapy: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Thrombosis and Haemostasis*, *118*(01), 112–122. https://doi.org/10.1160/TH17-06-0394

Cross, A. J., Ferrucci, L. M., Risch, A., Graubard, B. I., Ward, M. H., Park, Y., Hollenbeck, A. R., Schatzkin, A., & Sinha, R. (2011). *This Association*. *70*(6), 2406–2414. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-09-3929.A

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DellaValle, C. T., Xiao, Q., Yang, G., Shu, X.-O., Aschebrook-Kilfoy, B., Zheng, W., Lan Li, H., Ji, B., Rothman, N., Chow, W., Gao, Y., & Ward, M. H. (2014). Dietary nitrate and nitrite intake and risk of colorectal cancer in the Shanghai Women's Health Study. *International Journal of Cancer*, *134*(12), 2917–2926. https://doi.org/10.1002/ijc.28612

Dissanayake, K., Rifky, M., Zokirov, K., Jesfar, M., Farmonov, J., Sanaev, E., Makhmayorov, J., & Samadiy, M. (2024). IMPACT OF CURING SALT (NITRITES) ON THE PROCESSED MEAT PRODUCTS AND ITS ALTERNATIVES: A REVIEW. *New Materials, Compounds and Applications*, *8*(2), 254–264. https://doi.org/10.62476/nmca82254

Eissa, M. E. (2024). PHARMA'S NITROSAMINE CHALLENGE: A REVIEW OF A CALL FOR VIGILANCE. *Universal Journal of Pharmaceutical Research*, *9*(3), 67–76. https://doi.org/10.22270/ujpr.v9i3.1119

Elroy, N. N., Rogers, J., Mafi, G. G., VanOverbeke, D. L., Hartson, S. D., & Ramanathan, R. (2015). Species-specific effects on non-enzymatic metmyoglobin reduction in vitro. *Meat Science*, *105*, 108–113. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.03.010

Fiddler, W., & Pensabene, J. W. (1996). Supercritical Fluid Extraction of Volatile N-Nitrosamines in Fried Bacon and Its Drippings: Method Comparison. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, *79*(4), 895–903. https://doi.org/10.1093/jaoac/79.4.895

Gray, J. P. (2024). Acceptable daily intake. In *Encyclopedia of Toxicology* (Vol. 1, pp. 15–16). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00504-2

Higuero, N., Moreno, I., Lavado, G., Vidal-Aragón, M. C., & Cava, R. (2020). Reduction of nitrate and nitrite in Iberian dry cured loins and its effects during drying process. *Meat Science*, *163*(June 2019), 108062. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108062

Kaur, R., Kaur, L., Gupta, T. B., Singh, J., & Bronlund, J. (2022). Multitarget preservation technologies for chemical-free sustainable meat processing. *Journal of Food Science*, *87*(10), 4312–4328. https://doi.org/10.1111/1750-3841.16329

Khalifi, S., Rahimipour, A., Jeddi, S., Ghanbari, M., Kazerouni, F., & Ghasemi, A. (2015). Dietary nitrate improves glucose tolerance and lipid profile in an animal model of hyperglycemia. *Nitric Oxide*, *44*, 24–30. https://doi.org/10.1016/j.niox.2014.11.011

Khanfar, M. F., Abu Eisheh, N. J., Al-Ghussain, L., & Al-Halhouli, A. T. (2019). Lab on a Chip for the Colorimetric Determination of Nitrite in Processed Meat Products in the Jordanian Market. *Micromachines*, *10*(1), 36. https://doi.org/10.3390/mi10010036

Kim, H., & Han, K. (2011). Ingestion Exposure to Nitrosamines in Chlorinated Drinking Water. *Environmental Health and Toxicology*, *26*, e2011003. https://doi.org/10.5620/eht.2011.26.e2011003

Kotopoulou, S., Zampelas, A., & Magriplis, E. (2022). Risk Assessment of Nitrite and Nitrate Intake from Processed Meat Products: Results from the Hellenic National Nutrition and Health Survey (HNNHS). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), 12800. https://doi.org/10.3390/ijerph191912800

Lambers, A. ., Koppeschaar, H. P. ., Van Isselt, J. W., Slob, W., Schothorst, R. ., Mensinga, T. ., & Meulenbelt, J. (2000). Rijksinstituut Voor Volksgezondheid En Milieu National Institute of Public Health and the Environment. *Rivm.Nl*, *July*, 1–60. http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/348802016.pdf

Li, P., Luo, H., Kong, B., Liu, Q., & Chen, C. (2016). Formation of red myoglobin derivatives and inhibition of spoilage bacteria in raw meat batters by lactic acid bacteria and Staphylococcus

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

xylosus. *LWT - Food Science and Technology*, *68*, 251–257. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.035

Ling, W. C., Mustafa, M. R., Vanhoutte, P. M., & Murugan, D. D. (2018). Chronic administration of sodium nitrite prevents hypertension and protects arterial endothelial function by reducing oxidative stress in angiotensin II-infused mice. *Vascular Pharmacology*, *102*(September 2016), 11–20. https://doi.org/10.1016/j.vph.2017.05.003

Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, *71*(1), 100–121. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003

Pan, Y., Breider, F., Barrios, B., Minakata, D., Deng, H., & von Gunten, U. (2024). Role of Carbonyl Compounds for N -Nitrosamine Formation during Nitrosation: Kinetics and Mechanisms. *Environmental Science & Technology*, *58*(10), 4792–4801. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c07461

Russell, C. G., Blute, N. K., Via, S., Wu, X., & Chowdhury, Z. (2012). Nationwide assessment of nitrosamine occurrence and trends. *Journal AWWA*, *104*(3), 57–58. https://doi.org/10.5942/jawwa.2012.104.0037

Seo, J., Park, J., Lee, Y., Do, B., Lee, J., & Kwon, H. (2022). Effect of cooking method on the concentrations of volatile N-nitrosamines in various food products. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(7), 1–11. https://doi.org/10.1111/jfpp.16590

Shakil, M. H., Trisha, A. T., Rahman, M., Talukdar, S., Kobun, R., Huda, N., & Zzaman, W. (2022). Nitrites in Cured Meats, Health Risk Issues, Alternatives to Nitrites: A Review. *Foods*, *11*(21), 3355. https://doi.org/10.3390/foods11213355

Sheng, S., Silva, E. M., Tarté, R., & Claus, J. R. (2025). Residual nitrite and nitrate in processed meats and meat analogues in the United States. *Scientific Reports*, *15*(1), 3269. https://doi.org/10.1038/s41598-025-87563-x

Sorour, M. A., Mehanni, A.-H. E., Mahmoud, E.-S. A., & El- Hawashy, R. (2023). Journal of Sohag Agriscience (JSAS). *Journal of Sohag Agriscience (JSAS)*, *8*(1), 121–135. https://doi.org/JSAS 2023; 8(1): 121-135

Suman, S. P., & Joseph, P. (2013). Myoglobin Chemistry and Meat Color. *Annual Review of Food Science and Technology*, *4*(1), 79–99. https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623

Van Hecke, T., Vossen, E., Hemeryck, L. Y., Vanden Bussche, J., Vanhaecke, L., & De Smet, S. (2015). Increased oxidative and nitrosative reactions during digestion could contribute to the association between well-done red meat consumption and colorectal cancer. *Food Chemistry*, *187*, 29–36. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.029

Ward, M. H., Heineman, E. F., Markin, R. S., & Weisenburger, D. D. (2008). Adenocarcinoma of the stomach and esophagus and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, *14*(3), 193–197. https://doi.org/10.1179/oeh.2008.14.3.193

Xie, L., Mo, M., Jia, H.-X., Liang, F., Yuan, J., & Zhu, J. (2016). Association between dietary nitrate and nitrite intake and site-specific cancer risk: evidence from observational studies. *Oncotarget*, *7*(35), 56915–56932. https://doi.org/10.18632/oncotarget.10917

Xie, Y., Geng, Y., Yao, J., Ji, J., Chen, F., Xiao, J., Hu, X., & Ma, L. (2023). N-nitrosamines in processed meats: Exposure, formation and mitigation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, *13*(December 2022), 100645. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100645

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Yıldız Turp, G., & Avcı, T. (2022). Et Ürünlerinde Nitrit Kullanımını Azaltma Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar ve Sanayiye Aktarılma Potansiyelleri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *10*(3), 475–488. https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i3.475-488.4654

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

RESIDUES AND RESISTANCE OF FLUOROQUINOLONE DRUGS IN THE POULTRY PRODUCTION CHAIN: CURRENT FINDINGS AND RISK ASSESSMENT

Research Assistant, Esma KAYAOĞLU
Bingöl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Food Hygiene and Technology, Bingöl, Türkiye. Ankara University, Institute of Health Sciences, Ankara, Türkiye. ekayaoglu@bingol.edu.tr - ORCID: 0009-0007-5605-1842

Assistant Professor, Dr. Ülkü YEREBASAN
Bingöl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology, Bingöl, Türkiye. uyerebasan@bingol.edu.tr - ORCID: 0000-0003-2369-866X

ABSTRACT

Fluoroquinolones and quinolone derivatives are antibiotics frequently used by veterinarians for therapeutic and prophylactic purposes. However, the intensive and uncontrolled use of these drugs leads to the accumulation of residues in the chicken meat and egg production chain and the development of antibiotic resistance, posing a public health and food safety problem. Studies conducted in different countries around the world have shown that the amount of fluocinolone residues in chicken meat sometimes exceeds the limits and reaches maximum levels. This situation is encountered more frequently in developing countries in particular. Studies conducted in Turkey also indicate that nalidixic acid resistance is common, with some studies reporting high resistance to ciprofloxacin. The simultaneous presence of *Salmonella* and *Escherichia coli (E.coli)* bacteria, which belong to the enteric bacteria group, and fluoroquinolone residues demonstrates the significance of this antibiotic group. Genotypically, mutations observed in the gyrA and parC genes, together with plasmid-mediated resistance genes (qnr, aac(6')-Ib-cr), play a critical role in the development of fluoroquinolone resistance. This is consistent with phenotypic findings. In fact, the presence of fluoroquinolone residues and resistant genes in environmental matrices (such as water and fertilizer) indicates a cycle from the food chain to the environment and back to food. Recent studies have emphasized the need to monitor antibiotic use in different matrices within the chicken meat and egg production chain, and to report the genotype-phenotype relationship of resistance. This review was prepared to evaluate the residue and resistance status of these fluoroquinolone and quinolone group antibiotics in the food chain in light of the current literature.

Keywords: antibiotic residue, food chain, fluoroquinolone, quinolone,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. INTRODUCTION

Fluoroquinolone antibiotics are antimicrobial agents used by veterinarians, particularly in the poultry industry, to treat bacterial diseases. This group of antibiotics has a broad spectrum of activity affecting gram-negative, gram-positive, and some pathogens. Enrofloxacin, which inhibits bacterial growth by targeting bacterial DNA gyrase and topoisomerase IV enzymes, is the most commonly preferred agent in this group (Grabowski et al., 2022). However, its high efficacy poses a risk in terms of resistance development. The inappropriate or uncontrolled use of fluoroquinolones accelerates the development of resistance in zoonotic pathogens such as *Escherichia coli* and *Salmonella* spp., posing a threat to food safety and animal health. The resistance system undergoes genetic mutation with plasmid-mediated resistance genes. This ability is rapidly transferred between bacteria (Azzariti et al., 2022). Considering all these characteristics, fluoroquinolone antibiotics pose a risk to public health due to the development of resistance, despite their therapeutic effects.

Excessive and uncontrolled antibiotic use leads to the development of resistance, causing health problems, and hinders the smooth continuation of the production chain and the ability to meet demand. Developing countries have set maximum antibiotic residue limits, but these are often exceeded. This situation causes certain problems, leading to commercial losses (Abou-Jaoudeh et al., 2024).

A study on antimicrobial resistance examines the groups of antibiotic drugs preferred for use in poultry production. The presence of antibiotic residues in products such as eggs and poultry meat has been reported to contribute to the formation of resistant bacteria, such as E. coli and Salmonella isolates. It has also been stated that environmental contamination may contribute to these bacteria developing resistance. For this reason, it is stated that uncontrolled and uninformed use of antibiotics in the poultry production chain can both reduce the effectiveness of treatment and increase food safety risks. (Gülmez, 2022).

Antibiotic residues in poultry are not only risky for consumer health. They can also cause global problems by contributing to the spread of antibiotic resistance. The purpose of this review is to evaluate the resistance mechanisms of the fluoroquinolone antibiotic group used in the poultry production industry and the risks to public health and food safety based on current literature studies.

2. THE USE AND EFFECTS OF FLUOROQUINOLONES IN THE POULTRY INDUSTRY

Fluoroquinolone antibiotics are used in the poultry industry for preventive medicine and disease treatment. However, the residues left in products consumed as animal-based foods must be examined in terms of food safety and public health. As a result of a study, the highest levels of fluoroquinolone residues are found in chicken meat. In this study, residue levels in chicken

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

meat were found to vary considerably (ranging from 0.1 µg/kg to 4349.1 µg/kg). When all samples were examined, residues were found in almost all work samples. Based on these data, it is concluded that chickens are the animals most susceptible to residues of the fluoroquinolone antibiotic group in animal food products. When examined from a country perspective, developing countries do not use antibiotics correctly, antibiotic use without a prescription is widespread, manufacturers do not comply with waiting periods, and as a result of inadequate monitoring of these situations, residue levels are high. It has been determined that this situation is concerning for both consumers and producers (Vela et al., 2024).

A study conducted on broiler chickens investigated the distribution of enrofloxacin in the body and the time it takes to be excreted. A single dose of 10 mg/kg of antibiotic was administered orally to the chickens. The findings revealed that enrofloxacin entered the bloodstream very quickly and reached its peak concentration one hour later. The study revealed that the half-life of this antibiotic in the blood is 13 hours. This group of antibiotics has been found to remain in chickens' bodies for a long time. It has been understood that the antibiotic spreads throughout the body's tissues and fluids, but its elimination from the body is slow. In conclusion, this study demonstrates that enrofloxacin is effective in the treatment of broiler chickens, but attention must be paid to the withdrawal period to avoid residues (Verma et al., 2022). In another similar study, the pharmacokinetic effect of ciprofloxacin on broiler chickens was investigated. It has been understood that oral administration has a rapid effect on bioavailability and tissue distribution (Marć, 2017). Although this long-term elimination process is clinically advantageous, it poses a serious risk in terms of leaving residues in tissues. In a study on levofloxacin, the pharmacokinetic and pharmacodynamic properties of the drug were carefully examined. It has been understood that tissue penetration and elimination values also play an important role in resistance selection (Šitovs, 2024).

The widespread use of fluoroquinolones in the poultry industry not only yields positive results in treatments but also demonstrates the development of resistance. Temmerman et al. (2022) administered enrofloxacin at different doses to broilers and demonstrated changes in intestinal resistance. It was noted that even low doses enriched resistance genes. This finding shows that antibiotic use can create resistance pressure not only in disease treatment but even at subtherapeutic levels. A study conducted on turkey farms in Macedonia reported that the enrofloxacin resistance rate of commensal *E. coli* isolates was 62.8% (Jerzsele et al., 2025). In a study conducted on turkey meat in Iran, *Salmonella* strains were isolated from turkey meat and tested for enrofloxacin resistance. The results showed that resistance was 37.5% and indicated the presence of the qnrA and sul1 resistance genes (Lajmorak et al., 2025).

A study conducted in China examined 24 different antibiotics and investigated antibiotic residues in the egg production line. The findings indicate that fluoroquinolone antibiotics leave residues in eggs (Ma et al., 2022). It is clear from this that the choice of antibiotics is also of great importance in laying hens.
Residue accumulation is a significant problem associated with the use of the fluoroquinolone antibiotic group. In a study conducted in Turkey to detect antibiotic residues, enrofloxacin and

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ciprofloxacin were investigated in 100 chicken livers offered for sale. Chicken livers were analyzed using the chromatography method (LC-MS/MS). Although the percentage of samples in which residues were detected was high, the total level detected remained well below the maximum residue limit (MRL) of 200 µg/kg set by the European Union. From this perspective, chicken liver does not pose a very serious risk in terms of food safety. However, antibiotic usage habits, waiting for the withdrawal period, and conducting monitoring and control at specific intervals are required (Acaröz ve Sözbilir, 2020).

3. RESIDUAL–RESISTANCE RELATIONSHIP AND ENVIRONMENTAL DIMENSION

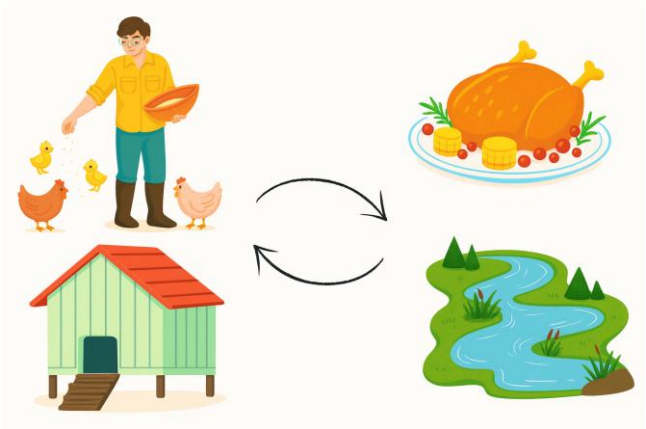


Figure 1. Residual-resistance relationship environmental cycle.

Fluoroquinolone residues accumulate in different matrices such as bedding, manure, wash water, and the environment, directing the spread of resistance genes and resistant bacteria. In poultry farms producing laying hens, the relationship between antibiotic residues and Salmonella resistance parallels deficiencies in litter management, hygiene, and disinfection (Sornplang et al., 2022). In addition to banning the use of antibiotics during the laying phase of the production chain, imposing sanctions on those who use antibiotics without a prescription and without control, and making wastewater treatment systems mandatory will break this environmental cycle (Lima et al., 2023; Mesfin et al., 2024).

In food safety studies, it has been reported that antibiotic residues cannot be completely eliminated by heat treatment; although a decrease in enrofloxacin/ciprofloxacin levels is observed after heat treatment of eggs, the residues are not completely eliminated (Alaboudi et al., 2021). Therefore, a two-step control consisting of rapid screening (biosensors, fluorescent immunoassay) and confirmatory LC-MS/MS methods is extremely important in the interaction between matrices throughout the production and processing line (Timofeeva et al., 2024; Zhang et al., 2023; Thurner & Alatraktchi, 2023; Hu et al., 2024). UPLC-MS/MS panels and highly efficient protocols such as QuEChERS-HPLC-FLD, developed to enable simultaneous analysis of drugs that should not be used in the egg production chain, improve the usability of field controls (Zhu et al., 2024; Guo et al., 2024).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

Veterinarians in the field find that fluoroquinolone antibiotics, which are frequently used in the poultry sector, provide significant benefits. However, in the current situation, significant problems have arisen in terms of both pharmacological efficacy and food safety risks. The presence of residues in poultry products affects not only consumer health but also the economies and exports of countries. For these reasons, antibiotic use must be monitored, producers must be educated, and training necessary for traceability must be provided. Production is a chain, so control and risks must be taken into account at every step.Waste from poultry manure, litter, and wastewater, along with residual and resistant bacteria, contaminates the food chain and causes other problems. A multifaceted and holistic approach that not only protects animal health but also develops different alternative solutions will ensure more transparent and traceable production in the food chain, thereby reducing antibiotic use. In conclusion, solving the residue and resistance problem of the fluoroquinolone antibiotic group requires a comprehensive approach, with responsibilities falling on veterinarians, producers, regulatory agencies, and ultimately consumers.

REFERENCES

Abou-Jaoudeh C, Andary J, Abou-Khalil R. Antibiotic residues in poultry products and bacterial resistance: A review in developing countries. J Infect Public Health. 2024;17(12):102592. doi:10.1016/j.jiph.2024.102592

Acaröz DA, Sözbilir NB. Investigation of enrofloxacin and ciprofloxacin residues by LC-MS/MS in chicken liver marketed in Afyonkarahisar. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 2020;67(2):137-42. doi:10.33988/AUVFD.561824

Alaboudi AR, Almashhadany DA, Abu-Basha EA, Musallam I. Enrofloxacin and ciprofloxacin residues in table eggs: Distribution and heat treatment effect. Bull Univ Agric Sci Vet Med Cluj-Napoca Anim Sci Biotechnol. 2021;78(1). doi:10.15835/BUASVMCN-ASB:2020.0024

Azzariti S, Bond R, Loeffler A, Zendri F, Timofte D, Chang YM, Pelligand L. Investigation of in vitro susceptibility and resistance mechanisms in skin pathogens: Perspectives for fluoroquinolone therapy in canine pyoderma. Antibiotics. 2022;11(9):1204. doi:10.3390/antibiotics11091204

Grabowski Ł, Gaffke L, Pierzynowska K, Cyske Z, Choszcz M, Węgrzyn G, Węgrzyn A. Enrofloxacin—the ruthless killer of eukaryotic cells or the last hope in the fight against bacterial infections? Int J Mol Sci. 2022;23(7):3648. doi:10.3390/ijms23073648

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Gülmez M. Antimikrobiyel direnç: Küresel bir sorun. Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 2022;15(1):53-8.

Guo Y, Hong L, Gao P, Liu S, Zhu Y, Xie X, Zhang G, Xie K. QuEChERS–HPLC–FLD for simultaneous detection of florfenicol (and amine) and three fluoroquinolones in eggs. Molecules. 2024;29(1):252. doi:10.3390/molecules29010252

Hu G, Su D, Yu Q, Zhao T, Gao S, Hao J. Sensitive fluorescence immunoassay (quantum-dot quenching) for norfloxacin in animal-origin foods. Food Biosci. 2024;58:103681. doi:10.1016/j.fbio.2024.103681

Jerzsele Á, et al. Antimicrobial susceptibility profiles of commensal Escherichia coli from turkey production—High resistance to enrofloxacin. Antibiotics. 2025;14(3):305. doi:10.3390/antibiotics14030305

Lajmorak F, Ghasemian SO, Gholami-Ahangaran M. Isolation, genotyping and antibiotic resistance analysis in Salmonella species isolated from turkey meat in Isfahan, Iran. Heliyon. 2025;11(3):e42220. doi:10.1016/j.heliyon.2025.e42220

Lima É, Oliveira MB, Freitas A. Antibiotics in intensive egg production: Food safety tools for regulatory compliance. Food Chem Adv. 2023;3:100548. doi:10.1016/j.focha.2023.100548

Ma X, Chen L, Yin L, Yang X, Li L, Zhang S, Li J. Risk analysis of 24 residual antibiotics in poultry eggs in Shandong, China (2018–2020). Vet Sci. 2022;9(3):126. doi:10.3390/vetsci9030126

Marć M. Pharmacokinetics of ciprofloxacin in broiler chickens. Maced Vet Rev. 2017;40(1):89-95. doi:10.1515/macvetrev-2017-0010

Mesfin YM, Mitiku BA, Tamrat H. Veterinary drug residues in foods of animal origin and public health consequences: A review. Vet Med Sci. 2024;10(6). doi:10.1002/vms3.70049

Šitovs A. Fluorhinolonu grupas pretmikrobu līdzeklis levofloksacīns veterinārmedicīnā un tā farmakokinētikas un farmakodinamikas pētījumi. Promocijas darba kopsavilkums. Riga Stradiņš University; 2024. doi:10.25143/prom-rsu_2024-04_pdk

Sornplang P, Aieamsaard J, Saksangawong C, Suayroop N. Risk factors associated with Salmonella prevalence, its antibiotic resistance, and egg antibiotic residues in layer farms. Vet World. 2022;15:543-50. doi:10.14202/vetworld.2022.543-550

Temmerman R, et al. Dose-dependent impact of enrofloxacin on broiler chicken gut resistome: Novel insights and mitigation by synbiotic treatment. Front Microbiol. 2022;13:869538.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

doi:10.3389/fmicb.2022.869538

Thurner F, Alatraktchi FA. Recent trends in biosensors for quinolone detection: A comprehensive review. Chemosensors. 2023;11(9):493. doi:10.3390/chemosensors11090493

Timofeeva I, Barbayanov K, Kochetkova M, Yahaya N, Zain NNM, Bulatov A. Recent developments in sample pretreatment for fluoroquinolones in foods. TrAC Trends Anal Chem. 2024;117831. doi:10.1016/j.trac.2024.117831

Verma MK, Ahmad AH, Pant D, Verma MP, Adhikari A. Pharmacokinetic study of enrofloxacin following single-dose oral administration in broiler poultry at 10 mg/kg. J Pharmacokinet Pharmacodyn. 2022;49(6):789-98. doi:10.1007/s10928-022-09824-7

Vela T, Dermauw V, Kenyon C. Concentrations of fluoroquinolones in livestock and poultry: A systematic review. Preprints.org. 2024. doi:10.20944/preprints202412.2405.v1

Zhang H, Li L, Dong W, et al. Rapid limit test of eight quinolone residues in food based on TLC-SERS. Molecules. 2023;28:6473. doi:10.3390/molecules28186473

Zhu W, Zhang H, Che L, Xu W, Lun C, Xu J, Xu H, Chen W. Simultaneous determination of 31 banned veterinary drugs during egg-laying period in poultry eggs by UPLC–MS/MS. Chin J Chromatogr. 2024;42(5):420-31. doi:10.3724/SP.J.1123.2023.11015

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS: MECHANISMS, ORGAN-SPECIFIC EFFECTS, AND THE PROTECTIVE ROLE OF ANTIOXIDANTS AGAINST TOXIC AGENTS

Assist. Prof. Dr., Serpil AYGÖRMEZ
Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye
E-posta Adresi: serpilaygormez@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-5675-5096

Prof. Dr., Mushap KURU
Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye
E-posta Adresi: mushap.kuru@kafkas.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4409-251X

Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR
Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Aksaray University, Aksaray, Türkiye
E-posta Adresi: fmkandemir@aksaray.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8490-2479

ABSTRACT

The endoplasmic reticulum, the intracellular organelle and the first of the secretory pathways, is involved in cellular homeostasis, which involves the folding and production of cellular proteins and the maintenance of the balance between health and disease. It also performs many functions within the cell. The synthesis of secretory proteins and transmembrane proteins occurs in the endoplasmic reticulum. Environmental and genetic factors inhibit the cells' ability to properly fold and modify transmembrane proteins in the endoplasmic reticulum, leading to the accumulation of misfolded proteins, which is termed endoplasmic reticulum stress. Numerous stressors within the cell, such as infections, drugs, and starvation, lead to endoplasmic reticulum stress. The unfolded protein response, which occurs to maintain endoplasmic reticulum homeostasis when folding capacity is increased by cellular demand, aims to restore normal cellular functions. Markers of endoplasmic reticulum stress, such as pancreatic endoplasmic reticulum kinase (PERK), activating transcription factor-6 (ATF-6), and inositol-requiring protein-1 (IRE-1), aim to restore homeostasis. Endoplasmic reticulum stress is a common feature in cancer, inflammation, metabolic diseases, and neurodegeneration. This review provides an overview of endoplasmic reticulum stress and summarizes the positive and negative effects of toxic agents and antioxidants on brain, testis, ovary, liver, and kidney tissues. Therefore, it is recommended that the effects of endoplasmic reticulum stress on tissues be supported by scientific studies.

Keywords: Endoplasmic reticulum stress, brain, testis, ovary, liver, kidney

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. INTRODUCTION

The endoplasmic reticulum, a fine tubule network within the cell, is a cellular organelle that performs functions such as calcium storage and lipid synthesis (Zeeshan et al., 2016; Liu and Green 2019). The endoplasmic reticulum, which accounts for approximately 60% of cell membrane lipids, facilitates the physiological interactions and processes within the lipid bilayer (Celik et al., 2023). It is responsible for post-translational modifications such as protein biosynthesis, folding, translocation, disulfide bond formation, glycosylation, and chaperone-mediated protein folding processes (Zeeshan et al., 2016; Celik et al., 2023). The endoplasmic reticulum, which functions as a quality control organelle, allows only the normal release of proteins produced within it (Chen et al., 2023; Liu et al., 2024). Endoplasmic reticulum stress occurs when misfolded or overfolded proteins accumulate in the endoplasmic reticulum, or when calcium is depleted in the endoplasmic reticulum (Liu and Green 2019). To prevent misfolded or unfolded proteins and the accumulation of unfolded proteins, the endoplasmic reticulum triggers the expression of chaperones (Xiang et al., 2017). Furthermore, incorrect protein folding can have toxic consequences for the organism (Marciniak et al., 2022). Therefore, it encompasses many problems such as hypoxia, ischemia, overexpression of misfolded proteins, nutrient deficiency, disturbances in calcium homeostasis, and mutations in secreted proteins (Liu et al., 2024). The resulting endoplasmic reticulum stress also triggers the unfolded protein response, an adaptive response (Yan et al., 2018; Chen et al., 2023). Activation of the unfolded protein response is mediated by three endoplasmic reticulum stress pathways: pancreatic endoplasmic reticulum kinase (PERK), activating transcription factor-6 (ATF-6), and inositol-requiring protein-1 (IRE-1) (Xiang et al., 2017; Yuan et al., 2024). These three receptors improve the processing capacity of misfolded and unfolded proteins after sensing stress in the endoplasmic reticulum lumen. These receptors can either directly sense endoplasmic reticulum stress or induce inhibition of the signaling receptor by binding to glucose-regulated protein 78 (GRP78) (Miglioranza Scavuzzi and Holoshitz 2022; Zhang et al., 2022). Activated PERK phosphorylates eukaryotic initiation factor 2α (eIF2α), which in turn decreases protein synthesis and reduces the flux of new proteins into the endoplasmic reticulum. Furthermore, eIF2α activates transcription factor 4 (ATF-4), which regulates genes involved in the cellular stress response, redox reactions, and amino acid metabolism (Sprenkle et al., 2017; Byun et al., 2025). Overexpression of these genes triggers apoptosis (Xiang et al., 2017). Endoplasmic reticulum stress and oxidative stress are associated with the pathophysiology of diseases. Oxidative stress, a cellular injury resulting from the accumulation or overproduction of reactive oxygen species and a decrease in the antioxidant defense system, has been reported to trigger endoplasmic reticulum stress by increasing the production of misfolded proteins and reducing the efficiency of protein folding pathways (Chong et al., 2017; Rana 2020).

2. ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS IN BRAIN TISSUE

Brain tissue, which requires approximately 20% of the body's total oxygen, is a high-energy-consuming organ (Grimm and Eckert 2017). This makes brain tissue susceptible to oxidation and increases free radical production. Due to its polyunsaturated fatty acid content and high metabolic rate, brain tissue is vulnerable to oxidative damage (Aygörmez 2024). This can lead

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

to changes in neuronal function, cell death, neurodegeneration, and diseases due to energy metabolism disorders (Grimm and Eckert 2017). It has been reported that 600 ppm sodium fluoride triggers endoplasmic reticulum stress by increasing ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78 parameters in rat brain tissue (Yıldız et al., 2022). 62 mg/kg potassium bromate has been reported to increase the mRNA expression levels of X-box binding protein 1 (XBP1), eIF2α, and ATF-6 in rat brain tissue, causing endoplasmic reticulum stress (Aygörmez et al., 2025a). It has been reported that 50-100 mg/kg 18β-glycyrrhetinic acid ameliorates endoplasmic reticulum stress by reducing the mRNA expression of ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78 against bisphenol A toxicity in rats (Caglayan et al., 2022).

3. ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS IN TESTIS TISSUE

The testes are divided into two compartments: the space containing Leydig cells, which produce male sex hormones, and the convoluted seminiferous tubules, where spermatogenesis occurs (Bhushan et al., 2020). Spermatogenesis and testis development are regulated by signaling pathways in the hypothalamic-pituitary-gonadal axis (Heidarizadi et al., 2022). In rats, administration of 500 mg/kg ifosfamide has been reported to increase ATF-6, PERK, IRE-1, GRP78, and C/EBP homologous protein (CHOP) mRNA expression levels in testis tissue, leading to endoplasmic reticulum stress (Cakmak et al., 2023). It has been reported that administration of 16 mg/kg oxaliplatin in the testis tissue of rats increased ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78 mRNA expressions, leading to endoplasmic reticulum stress (Akaras et al., 2024). Administration of 100-200 mg/kg hesperidin has been reported to provide protection against endoplasmic reticulum stress by reducing the expression levels of ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78 in the testis tissue of rats (Gur et al., 2022). Administration of 25-50 mg/kg zingerone in the testis tissue of rats has been reported to protect against endoplasmic reticulum stress by reducing the expression levels of ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78 (Tuncer et al., 2024).

4. ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS IN OVARY TISSUE

The ovary, containing various cell types, including somatic and germ cells, is an organized reproductive system. The interaction of these cells ensures follicle and oocyte development, ovulation, and the formation of follicles containing oocytes, leading to the formation of the corpus luteum as an endocrine structure (Rashidi et al., 2021). It is a sensitive tissue to drugs, particularly alkylating agents (Donnez and Dolmans 2014). It has been reported that 20 mg/kg doxorubicin administration to rat ovary tissue increased GRP78, IRE-1, and CHOP levels, causing endoplasmic reticulum stress, while 200-400 mg/kg L-theanine administration ameliorated endoplasmic reticulum stress (Arıkan Malkoç et al., 2025). It has been reported that 7 mg/kg cisplatin administration increases GRP78 levels in the ovary tissue of rats, leading to endoplasmic reticulum stress, while 10 mg/kg empagliflozin administration alleviates endoplasmic reticulum stress by reducing this increased GRP78 level (El-Sayad et al., 2025). It has been reported that 5 mg/kg cisplatin administration triggers endoplasmic reticulum stress by increasing GRP78, ATF-6, and CHOP levels in rat ovary tissue, while 5-10 mg/kg syringic acid treatment reduces the increased GRP78, ATF-6, and CHOP levels, thus improving endoplasmic reticulum stress (Demir 2024).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

5. ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS IN LIVER TISSUE

Among all organs in the body, the liver contains the most macrophages. These macrophages maintain homeostasis not only within the liver but also throughout the body (Krenkel and Tacke 2017). The liver's unique regenerative capacity ensures its critical dependence on liver function (Michalopoulos and Bhushan 2021). It has been reported that 50 mg/kg diclofenac administration to rats increased the mRNA expression levels of ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78 in liver tissue, leading to endoplasmic reticulum stress, while 25-50 mg/kg chrysin treatment reduced the levels of ATF-6, PERK, IRE-1, and GRP78, thus alleviating endoplasmic reticulum stress (Varışlı et al., 2023). It has been reported that 3.5 mg/kg doxorubicin administration in rat liver tissue caused endoplasmic reticulum stress by increasing the levels of IRE-1, PERK, GRP78, ATF-4 and ATF-6, while 50-100-200 mg/kg luteolin treatment showed a healing effect against endoplasmic reticulum stress by reducing the levels of IRE-1, PERK, GRP78, ATF-4 and ATF-6 (Abdrabou et al., 2025). It has been reported that administration of 6.5 mg/kg cadmium to rats caused endoplasmic reticulum stress by increasing GRP78, CHOP, ATF-6, IRE-1 and XBP1 mRNA expression levels in liver tissue, and administration of 100-200 mg/kg Morin improved endoplasmic reticulum stress by reducing GRP78, CHOP, ATF-6, IRE-1 and XBP1 levels (Sengul et al., 2024).

6. ENDOPLASMIC RETICULUM STRESS IN KIDNEY TISSUE

The kidneys, which serve as filters for toxic and waste substances, cleanse the blood and reabsorb vitamins and minerals back into the bloodstream (Alamery et al. 2022, Aygörmez et al., 2025b). They can be exposed to many harmful substances through the bloodstream (Aygörmez et al. 2025b). Side effects and damage can result from the formation of reactive metabolites (Alamery et al., 2022). It has been reported that 100 mg/kg gentamicin administration to rats increased GRP78 and CHOP levels in kidney tissue, causing endoplasmic reticulum stress, while curcumin treatment reduced these levels and improved endoplasmic reticulum stress (Laorodphun et al., 2022). It has been reported that 25 mg/kg cadmium administration triggered endoplasmic reticulum stress by increasing the levels of IRE-1, CHOP, and eIF2α in kidney tissue, while 80 mg/kg arctigenin treatment reduced these values and improved endoplasmic reticulum stress (Salama et al., 2021). It has been stated that 30 mg/kg docetaxel administration caused endoplasmic reticulum stress by increasing ATF-6, PERK, IRE-1, CHOP, and GRP78 mRNA expression levels in the kidney tissue of rats, and 25-50 mg/kg silymarin treatment improved endoplasmic reticulum stress by reducing the levels of ATF-6, PERK, IRE-1, CHOP, and GRP78 (Kandemir et al., 2025).

7. CONCLUSION

The endoplasmic reticulum triggers endoplasmic reticulum stress, which causes an unfolded protein response to restore protein homeostasis and accumulate misfolded proteins. The unfolded protein response initiates by reducing endoplasmic reticulum load by increasing protein processing capacity and restoring endoplasmic reticulum homeostasis. Endoplasmic reticulum stress increases oxidative stress through stimulated mitochondrial activity and increased protein folding. Persistent endoplasmic reticulum stress produces inflammation and

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

oxidative stress, resulting in cell death. Drug-like substances are promising in preclinical disease models. Endoplasmic reticulum stress is widely used as a potential therapeutic target for human diseases. Therefore, it is recommended that the effects of endoplasmic reticulum stress on tissues be supported by scientific studies.

8. REFERENCES

Abdrabou, R. D., Salama, R. M., El-Naga, R. N., & Azab, S. S. (2025). Luteolin mitigates doxorubicin-induced hepatotoxicity and neurotoxicity: modulating the liver–brain axis via IRE1α/GRP78/ATF6 endoplasmic reticulum stress pathways and miRNA-199a-5p expression. Future Journal of Pharmaceutical Sciences, 11(1), 44.

Akaras, N., Gür, C., Caglayan, C., & Kandemir, F. M. (2024). Protective effects of naringin against oxaliplatin-induced testicular damage in rats: Involvement of oxidative stress, inflammation, endoplasmic reticulum stress, apoptosis, and histopathology. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 27(4), 466.

Alamery, S., Zargar, S., Yaseen, F., Wani, T. A., & Siyal, A. (2022). Evaluation of the effect of wheat germ oil and olmutinib on the thioacetamide-induced liver and kidney toxicity in mice. Life, 12(6), 900.

Arıkan Malkoç, M., Özer Yaman, S., Yuluğ, E., Işık, S., & Kural, B. (2025). L-Theanine Ameliorates Doxorubicin-Induced Ovarian Toxicity by Reducing Endoplasmic Reticulum Stress. Food Science & Nutrition, 13(4), e70150.

Aygörmez, S. (2024). The Role of Vitamin C in Preventing Some Neurodegenerative Diseases: Alzheimer's, Parkinson's, and Huntington's. In Ascorbic Acid-Biochemistry and Functions. IntechOpen.

Aygörmez, S., Küçükler, S., Gür, C., Akaras, N., Maraşli, Ş., & Kandemir, F. M. (2025a). Investigation of the effects of morin on potassium bromate-induced brain damage in rats via different pathways with biochemical and histopathological methods. Food and Chemical Toxicology, 201, 115466.

Aygörmez, S., Dalkılınç, E., Akaras, N., & Maraşlı, Ş. (2025b). Investigation of the Effects of Chrysin Against Amoxycillin-Clavulanic Acid-Induced Kidney Injury in Rats. Van Veterinary Journal, 36(2), 139-145.

Bhushan, S., Theas, M. S., Guazzone, V. A., Jacobo, P., Wang, M., Fijak, M., ... & Lustig, L. (2020). Immune cell subtypes and their function in the testis. Frontiers in immunology, 11, 583304.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Byun, J. H., Lebeau, P. F., Trink, J., Uppal, N., Lanktree, M. B., Krepinsky, J. C., & Austin, R. C. (2025). Endoplasmic reticulum stress as a driver and therapeutic target for kidney disease. Nature Reviews Nephrology, 1-15.

Caglayan, C., Kandemir, F. M., Ayna, A., Gür, C., Küçükler, S., & Darendelioğlu, E. (2022). Neuroprotective effects of 18β-glycyrrhetinic acid against bisphenol A-induced neurotoxicity in rats: involvement of neuronal apoptosis, endoplasmic reticulum stress and JAK1/STAT1 signaling pathway. Metabolic Brain Disease, 37(6), 1931-1940.

Cakmak, F., Kucukler, S., Gur, C., Comakli, S., Ileriturk, M., & Kandemir, F. M. (2023). Morin provides therapeutic effect by attenuating oxidative stress, inflammation, endoplasmic reticulum stress, autophagy, apoptosis, and oxidative DNA damage in testicular toxicity caused by ifosfamide in rats. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 26(10), 1227.

Celik, C., Lee, S. Y. T., Yap, W. S., & Thibault, G. (2023). Endoplasmic reticulum stress and lipids in health and diseases. Progress in Lipid Research, 89, 101198.

Chen, X., Shi, C., He, M., Xiong, S., & Xia, X. (2023). Endoplasmic reticulum stress: molecular mechanism and therapeutic targets. Signal transduction and targeted therapy, 8(1), 352.

Chong, W. C., Shastri, M. D., & Eri, R. (2017). Endoplasmic reticulum stress and oxidative stress: a vicious nexus implicated in bowel disease pathophysiology. International journal of molecular sciences, 18(4), 771.

Demir, E. A. (2024). Syringic acid alleviates cisplatin-induced ovarian injury through modulating endoplasmic reticulum stress, inflammation and Nrf2 pathway. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 82, 127356.

Donnez, J., & Dolmans, M. M. (2014). Transplantation of ovarian tissue. Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology, 28(8), 1188-1197.

El-Sayad, M. E., Abu-Risha, S. E., El-Sisi, S. S., & Ibrahim, H. A. (2025). The potential protective effect of Empagliflozin against Cisplatin-induced ovarian damage via upregulation of SIRT1/Nrf2 and amelioration ER Stress. Inflammopharmacology, 1-10.

Grimm, A., & Eckert, A. (2017). Brain aging and neurodegeneration: from a mitochondrial point of view. Journal of neurochemistry, 143(4), 418-431.

Gur, C., Kandemir, O., & Kandemir, F. M. (2022). Investigation of the effects of hesperidin administration on abamectin-induced testicular toxicity in rats through oxidative stress, endoplasmic reticulum stress, inflammation, apoptosis, autophagy, and JAK2/STAT3 pathways. Environmental Toxicology, 37(3), 401-412.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Heidarizadi, S., Rashidi, Z., Jalili, C., & Gholami, M. (2022). Overview of biological effects of melatonin on testis: A review. Andrologia, 54(11), e14597.

Kandemir, O., Kucukler, S., Comakli, S., Gur, C., & Ileriturk, M. (2025). Docetaxel-induced liver and kidney toxicity in rats can be alleviated by suppressing oxidative stress, endoplasmic reticulum stress, inflammation, apoptosis and autophagy signaling pathways after Silymarin treatment. Food and Chemical Toxicology, 196, 115202.

Krenkel, O., & Tacke, F. (2017). Liver macrophages in tissue homeostasis and disease. Nature Reviews Immunology, 17(5), 306-321.

Laorodphun, P., Cherngwelling, R., Panya, A., & Arjinajarn, P. (2022). Curcumin protects rats against gentamicin-induced nephrotoxicity by amelioration of oxidative stress, endoplasmic reticulum stress and apoptosis. Pharmaceutical Biology, 60(1), 491-500.

Liu, X., & Green, R. M. (2019). Endoplasmic reticulum stress and liver diseases. Liver research, 3(1), 55-64.

Liu, Y., Xu, C., Gu, R., Han, R., Li, Z., & Xu, X. (2024). Endoplasmic reticulum stress in diseases. MedComm, 5(9), e701.

Marciniak, S. J., Chambers, J. E., & Ron, D. (2022). Pharmacological targeting of endoplasmic reticulum stress in disease. Nature Reviews Drug Discovery, 21(2), 115-140.

Michalopoulos, G. K., & Bhushan, B. (2021). Liver regeneration: biological and pathological mechanisms and implications. Nature reviews Gastroenterology & hepatology, 18(1), 40-55.

Miglioranza Scavuzzi, B., & Holoshitz, J. (2022). Endoplasmic reticulum stress, oxidative stress, and rheumatic diseases. Antioxidants, 11(7), 1306.

Rana, S. V. S. (2020). Endoplasmic reticulum stress induced by toxic elements-a review of recent developments. Biological trace element research, 196(1), 10-19.

Rashidi, Z., Khosravizadeh, Z., Talebi, A., Khodamoradi, K., Ebrahimi, R., & Amidi, F. (2021). Overview of biological effects of Quercetin on ovary. Phytotherapy Research, 35(1), 33-49.

Salama, S. A., Mohamadin, A. M., & Abdel-Bakky, M. S. (2021). Arctigenin alleviates cadmium-induced nephrotoxicity: Targeting endoplasmic reticulum stress, Nrf2 signaling, and the associated inflammatory response. Life Sciences, 287, 120121.

Sengul, E., Yildirim, S., Cinar, İ., Tekin, S., Dag, Y., Bolat, M., Gok, M., & Warda, M. (2024). Mitigation of acute hepatotoxicity induced by cadmium through morin: modulation of oxidative

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

and pro-apoptotic endoplasmic reticulum stress and inflammatory responses in rats. Biological Trace Element Research, 202(11), 5106-5117.

Sprenkle, N. T., Sims, S. G., Sánchez, C. L., & Meares, G. P. (2017). Endoplasmic reticulum stress and inflammation in the central nervous system. Molecular neurodegeneration, 12(1), 42.

Tuncer, S. Ç., Gur, C., Kucukler, S., Akarsu, S. A., & Kandemir, F. M. (2024). Effects of zingerone on rat induced testicular toxicity by sodium arsenite via oxidative stress, endoplasmic reticulum stress, inflammation, apoptosis, and autophagy pathways. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 27(5), 603.

Varışlı, B., Caglayan, C., Kandemir, F. M., Gür, C., Ayna, A., Genç, A., & Taysı, S. (2023). Chrysin mitigates diclofenac-induced hepatotoxicity by modulating oxidative stress, apoptosis, autophagy and endoplasmic reticulum stress in rats. Molecular Biology Reports, 50(1), 433-442.

Yan, M., Shu, S., Guo, C., Tang, C., & Dong, Z. (2018). Endoplasmic reticulum stress in ischemic and nephrotoxic acute kidney injury. Annals of medicine, 50(5), 381-390.

Yıldız, M. O., Çelik, H., Caglayan, C., Kandemir, F. M., Gür, C., Bayav, I., Genç, A., & Kandemir, Ö. (2022). Neuromodulatory effects of hesperidin against sodium fluoride-induced neurotoxicity in rats: Involvement of neuroinflammation, endoplasmic reticulum stress, apoptosis and autophagy. Neurotoxicology, 90, 197-204.

Yuan, S., She, D., Jiang, S., Deng, N., Peng, J., & Ma, L. (2024). Endoplasmic reticulum stress and therapeutic strategies in metabolic, neurodegenerative diseases and cancer. Molecular Medicine, 30(1), 40.

Zeeshan, H. M. A., Lee, G. H., Kim, H. R., & Chae, H. J. (2016). Endoplasmic reticulum stress and associated ROS. International journal of molecular sciences, 17(3), 327.

Zhang, J., Guo, J., Yang, N., Huang, Y., Hu, T., & Rao, C. (2022). Endoplasmic reticulum stress-mediated cell death in liver injury. Cell death & disease, 13(12), 1051.

Xiang, C., Wang, Y., Zhang, H., & Han, F. (2017). The role of endoplasmic reticulum stress in neurodegenerative disease. Apoptosis, 22(1), 1-26.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

APPLICATION OF INTEGRATED FIXED-FILM ACTIVATED SLUDGE (IFAS) IN WASTEWATER TREATMENT

Asst. Prof. Dr. AYŞENUR ÖĞEDEY[1*]

[1*] Munzur University, aysenurcumurcu@munzur.edu.tr,

NUR SELİNAY CİHANGİROĞLU

[1*] Munzur University, selinaycihangiroglu@icloud.com

Prof. Dr. ENSAR OĞUZ

[2]Atatürk University, eoguz@ataturk.edu.tr

ABSTRACT

Integrated Fixed-Film Activated Sludge (IFAS) systems are biological treatment technologies that can be implemented by adding carriers to conventional activated sludge systems without requiring additional infrastructure. Modern wastewater treatment must address not only conventional pollutants, such as nitrogen and organic matter, but also emerging organic micropollutants (OMPs), which pose increasing environmental concerns. Effluents from conventional treatment plants are recognized as a major source of these micropollutants, as typical processes cannot efficiently remove them. To overcome these limitations, advanced treatment strategies combining biological processes with physicochemical methods, such as oxidation or adsorption using ozone or activated carbon, have been developed, achieving high OMP removal efficiencies. However, these approaches often increase operational costs. Alternatively, developing advanced biological configurations that integrate different redox conditions (anaerobic, anoxic, aerobic), diverse biomass structures (granular, flocculent, biofilm), and broad microbial communities can enhance the removal of both macro- and micropollutants. Domestic wastewater treatment is generally conducted using either mechanized systems, including activated sludge, sequencing batch reactors, moving bed biofilm reactors, membrane bioreactors, and trickling filters, or natural systems, such as constructed wetlands, oxidation ponds, ditches, and lagoons. Each system type offers distinct advantages and limitations, with mechanized systems consuming more energy but requiring less land than natural alternatives. IFAS systems represent a promising approach to improving treatment efficiency and pollutant removal in existing infrastructure, offering a cost-effective solution to meet increasingly stringent water quality requirements.

Keywords: IFAS, wastewater treatment, activated sludge, organic micropollutants, biofilm carriers, advanced biological treatment.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. Introduction

Environmental pollution has become one of the most critical global challenges, causing severe ecological and socio-economic impacts worldwide. Rapid population growth, urbanization, and industrialization have significantly increased the demand for water and energy while generating large volumes of wastewater. According to the United Nations World Population Prospects (2022) report, the global population is expected to reach 9.7 billion by 2050, with more than half living in urban areas (Arias et al., 2018). This sharp increase places considerable pressure on urban water infrastructure, particularly in developing countries, making wastewater management an increasingly complex issue. It is estimated that nearly 90% of wastewater generated globally is discharged into the environment without adequate treatment. This situation leads to contamination of aquatic ecosystems, degradation of groundwater quality, and the spread of waterborne diseases. Wastewater treatment plants (WWTPs) play a vital role in mitigating these impacts by removing pollutants and producing treated effluents that can be safely discharged or reused. However, most conventional WWTPs rely on energy-intensive processes, which significantly increase operational costs and greenhouse gas emissions (Koul et al., 2022; Jethwa et al., 2024).

The activated sludge (AS) process is one of the most widely used biological treatment methods. Nevertheless, aeration a key step in the AS process accounts for 50–90% of the total energy consumption in treatment plants. Rising energy prices, coupled with the urgency of climate change and sustainability goals, highlight the need for energy-efficient, cost-effective, and environmentally friendly wastewater treatment technologies (Yuan et al., 2025). Therefore, optimizing the relationship between energy consumption and effluent quality has become a major priority in wastewater treatment research. Modern wastewater treatment must address not only conventional pollutants such as organic matter and nutrients but also emerging contaminants, including pharmaceuticals, pesticides, and industrial compounds. Conventional biological systems are often unable to remove these micropollutants effectively, emphasizing the need for advanced treatment processes. In recent years, hybrid systems combining biological and physicochemical processes have emerged as promising alternatives to overcome these limitations (Dinçer, 2023).

Physical treatment methods involve removing suspended solids through processes such as screening, grit removal, and sedimentation. Chemical treatment techniques rely on reactions like coagulation, flocculation, and oxidation to precipitate or transform dissolved pollutants. In contrast, biological treatment methods utilize microbial metabolism to degrade organic compounds, offering more sustainable and environmentally compatible solutions. Among biological systems, biofilm-based processes provide greater microbial stability and resistance to shock loadings compared to conventional activated sludge systems (Simpson et al., 2024).

Advanced treatment technologies, including membrane bioreactors (MBR), moving bed biofilm reactors (MBBR), trickling filters, and various hybrid configurations, have demonstrated high removal efficiencies. However, their large-scale applications are often limited by high energy consumption and operational costs. Similarly, advanced oxidation processes (AOPs) effectively remove persistent organic compounds but are restricted by their complexity and high chemical requirements (Shao et al., 2024). Consequently, the development

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

of next-generation biological systems that achieve high treatment efficiency with low energy demand is crucial for sustainable wastewater management.

Current research trends focus on integrated biological systems that combine anaerobic, anoxic, and aerobic zones and utilize diverse microbial structures such as flocs, granules, and biofilms. These systems offer the potential to improve pollutant removal performance while minimizing energy use and operational challenges (Wang et al., 2025). In recent years, Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS) systems have been extensively studied for their efficiency and flexibility in wastewater treatment.

Tan et al. (2022) applied IFAS with PVA gel beads as biomass carriers in wastewater from the rubber glove industry and showed that increases in hydraulic retention time (HRT) and carrier fill ratio significantly improved COD removal. Trapani et al. (2024) investigated a pilot-scale MBR-IFAS-IA reactor under different sludge retention times (SRT) and demonstrated that low SRT operation could be achieved without compromising nitrification. Zhang et al. (2022) highlighted the critical role of c-di-GMP in the formation of autotrophic granular sludge and biofilm within IFAS systems, showing that certain bacterial species became dominant over long-term operation, enhancing system performance. Mofatto et al. (2025) also evaluated MBR-IFAS-IA under varying SRTs, confirming that optimal sludge retention time improves COD and nitrogen removal. Dolatshah et al. (2024) further demonstrated that an IFAS bioreactor with simultaneous aerobic and anoxic zones, optimized for HRT, airflow, and fill ratio, achieved high COD (94%) and total nitrogen (77%) removal. Collectively, these studies emphasize the effectiveness and adaptability of IFAS systems under diverse operational conditions, making them a promising alternative for modern wastewater treatment.

In summary, the growing population, declining freshwater resources, and rising energy costs necessitate the adoption of innovative, sustainable approaches in wastewater treatment. The development and implementation of advanced biological and hybrid systems are key to enhancing the performance of existing WWTPs and ensuring the long-term sustainability of global water management strategies.

2. Activated Sludge (AS) Process

The activated sludge (AS) process is the most widely used biological treatment method in municipal and industrial wastewater treatment plants worldwide. In this process, air is supplied to the wastewater to create aerobic conditions, under which organic matter is biologically converted into carbon dioxide and nitrate compounds (Okamoto et al., 2025). Pollutant removal in AS systems occurs through complex microbial communities composed of bacteria, protozoa, and filamentous organisms. For the process to operate efficiently, the separation of biomass from the liquid phase by gravity is a critical step (Kaushalya et al., 2025)

2.1. Nitrogen Removal and Sludge Floc Characteristics

In the activated sludge process, organic matter is stabilized by microorganisms that develop under controlled conditions within the system (Anlı & Şanlı, 2019). This process involves the addition of a microbial culture to the wastewater. Nitrogen removal has always been a critical challenge in domestic wastewater treatment. Biological nitrification and denitrification

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

processes are widely employed in wastewater treatment plants due to their low cost and satisfactory performance for the elimination of nitrogenous pollutants.

To achieve efficient nitrogen removal from wastewater, organic carbon sourcesparticularly biologically degradable volatile fatty acidsare commonly selected and added to the wastewater in most treatment plants (Luan et al., 2024). The performance of nitrification-denitrification processes is influenced by several parameters, including dissolved oxygen (DO) concentration, pH, water temperature, C/N ratio, F/M ratio, hydraulic retention time (HRT), and sludge age (SRT) (Okamoto et al., 2025). Activated sludge flocs are composed of diverse organisms such as bacteria, fungi, protists, and phages, whose close interactions support the functioning of the AS system. These flocs consist of microbial clusters that rely on filamentous bacteria as a structural skeleton. Floc-forming bacteria attach to this skeleton by secreting extracellular polymeric substances, making filamentous bacteria critical for floc formation and stabilization in activated sludge (Liu et al., 2025). The normal operation of AS systems is often significantly disrupted due to sludge bulking. Sludge bulking, which can exceed 90%, primarily results from excessive growth of filamentous bacteria and poor sludge settling characteristics. This has consistently been a challenge in treatment plants employing the activated sludge process. Therefore, developing reliable strategies to prevent or control sludge bulking is considered essential to ensure stable operation of AS-based wastewater treatment plants (Li et al., 2024).

2.2. Integrated Fixed-Film Activated Sludge (IFAS) Systems: Overview

Integrated Fixed-Film Activated Sludge (IFAS) systems are a biological treatment approach in which carriers are incorporated into conventional activated sludge systems, enabling enhanced treatment performance without major structural modifications. By providing additional surface area for microbial attachment, IFAS supports the growth of biofilms alongside suspended microbial communities. This integration improves overall system efficiency by maintaining stable biomass concentrations and enhancing pollutant removal in municipal and industrial wastewater treatment applications (Xing et al., 2025). The Integrated Fixed-Film Activated Sludge (IFAS) process combines conventional suspended-growth activated sludge with attached-growth biofilm, providing additional surfaces for microbial attachment and biomass development (Xing et al., 2025). Microorganisms colonize the biofilm, forming layers that protect inner populations from toxic compounds while allowing outer populations to thrive, enhancing overall biomass retention and system performance. Organic matter in wastewater is metabolized by these microorganisms, with part of the carbon used for new cell growth and the remainder oxidized to carbon dioxide, while biomass is separated through settling (Kiraz, 2018).

The performance of IFAS systems is strongly influenced by operational parameters such as sludge retention time (SRT), hydraulic retention time (HRT), and the food-to-microorganism (F/M) ratio. Longer SRTs slow biomass growth, enhance substrate uptake, and favor K-strategist microorganisms capable of degrading complex organics while competing with faster-growing r-strategists (Wang et al., 2025; Yuan et al., 2025; Biros, 2013). Optimal HRT balances microbial interactions, promotes symbiosis, and improves pollutant removal and biomass production, whereas inadequate or excessive HRT can reduce treatment efficiency (Fang et al., 2024). Maintaining an optimal F/M ratio ensures effective organic matter removal and

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

microbial activity, as imbalances can limit system performance (Akyüz, 2011). IFAS systems offer multiple advantages, including gradual capacity increase under high organic loads, enhanced biomass removal without overloading final clarifiers, higher treatment rates in smaller areas, formation of well-settling sludge, and lower overall sludge production.
Potential disadvantages include odor generation, the requirement for additional equipment, and biofilm detachment due to high pressure losses on carriers.

2.3. Functional Principles and Performance Advantages of IFAS

IFAS technologies facilitate the enrichment of slow-growing microorganisms and the development of anaerobic microbial populations within biofilm carriers, which contributes to more effective pollutant degradation (Xing et al., 2025). The competition between filamentous bacteria for attached surfaces in IFAS systems helps to suppress sludge bulking, improving sludge settleability and overall process stability (Sriwiriyarat et al., 2008; Jabari et al., 2014). Furthermore, IFAS processes not only enhance the removal of dissolved organic carbon but also support nitrification-denitrification under appropriately designed operational conditions, resulting in effective nitrogen removal (İnsel et al., 2023).

3. Conclusions

The IFAS (Integrated Fixed-film Activated Sludge) system offers an effective and sustainable approach for wastewater treatment by combining biofilm carriers with conventional activated sludge. Its use of durable carriers reduces maintenance needs and supports consistent treatment performance over time. The system efficiently removes organic matter, requires less space than conventional methods, and produces lower sludge volumes while maintaining operational stability. Continuous microbial activity on the fixed-film carriers enhances resilience to sudden organic load variations, contributing to more stable operation and reduced operational costs. Although the procurement of carrier materials may increase system expenses, IFAS presents significant potential for urban and industrial applications, particularly in water-scarce areas, by enabling efficient treatment within a compact footprint. Proper material selection, regular maintenance, and optimization of operational parameters are essential to maintain system performance. In the coming years, IFAS systems are expected to benefit from advances in carrier materials and biofilm technologies, allowing for more durable, low-maintenance operation and enhanced nutrient removal efficiency. Energy efficiency will improve through optimized aeration and potential recovery of valuable resources such as biogas and phosphorus from wastewater. Real-time monitoring and automation, supported by sensor networks and AI-driven control, will enable dynamic adjustment of operational parameters like SRT, HRT, and F/M ratios, ensuring stable performance under varying loads. IFAS systems will increasingly support water reuse in regions with limited water resources while minimizing sludge production and environmental impact. Furthermore, the technology’s modular nature will facilitate retrofitting existing activated sludge plants and scaling up for industrial and urban applications, providing a flexible and sustainable solution for future wastewater treatment challenges.Future research can further enhance IFAS efficiency, supporting environmentally friendly water management and sustainable wastewater treatment practices.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Acknowledgments
No external support or funding was received for this work.

Ethical approval
The authors declare that this study complies with research and publication ethics.

Informed consent

Not applicable..

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this study.

Data availability statement
No new data were created or analyzed in this study

Funding organizations
This study received no external funding.

Author contribution
Conceptualization: Ayşenur Öğedey, Methodology: Ayşenur Öğedey, Nur Selinay Cihangiroğlu, Formal analysis and investigation: Ayşenur Öğedey, Writing original draft preparation: Ayşenur Öğedey, Writing review and editing: Nur Selinay Cihangiroğlu.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

References

Akyüz, İ. N. (2011). *Osmanbey atıksu arıtma tesisinin işletilmesi* [Yüksek lisans tezi]. Harran Üniversitesi

Anlı, E. A., & Şanlı, T. (2019). Süt endüstrisi atık sularının arıtılmasında aktif çamur prosesinin kullanımı. *Akademik Gıda, 17*(2), 252–259

Arias, A., Alvariño, T., Allegue, T., Suárez, S., Garrido, J. M., & Omil, F. (2018). An innovative wastewater treatment technology based on UASB and IFAS for cost-efficient macro and micropollutant removal. *Journal of Hazardous Materials, 359*, 113–120. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.042

Di Trapani, D., Mofatto, P. M. B., Cosenza, A., & Mannina, G. (2024). Attached and suspended biomass kinetics in an IFAS-MBR system operated under intermittent aeration: Long-term monitoring under SRT variation. *Journal of Environmental Management, 370*, Article 122718. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122718

Dinçer, M. (2023). *Atıksu arıtma tesislerinde risk değerlendirmesi: Adana ASKİ Seyhan atıksu arıtma tesisi uygulaması* [Yüksek lisans tezi]. Çukurova Üniversitesi

Dolatshah, M., Asadi, A., Gholami, F., & Nazari, S. (2024). Development and modeling of an integrated fixed-film activated sludge (IFAS) system for simultaneous nitrogen and carbon removal from an industrial estate wastewater. *Biotechnology Reports, 41*, Article e00831. https://doi.org/10.1016/j.btre.2024.e00831

Jabari, P., Munz, G., & Oleszkiewicz, J. A. (2014). Selection of denitrifying phosphorus accumulating organisms in IFAS systems: Comparison of nitrite with nitrate as an electron acceptor. *Chemosphere, 109*, 20–22. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.002

Jethwa, K. B., Mishra, U., Ra, M. R., Yadav, N., & Singh, A. N. (2024). A study on hybrid treatment system for domestic wastewater (sewage) through constructed wetlands for India: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 60*, Article 103268. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103268

Kaushalya, U., Nakaya, Y., Ishizaki, S., Sugino, K., Hirano, R., & Satoh, H. (2025). Quantification of morphological characteristics and filamentous bacteria in activated-sludge flocs through quantitative image-analysis techniques incorporating image-processing software and U-Net deep-learning framework. *Journal of Water Process Engineering, 70*, Article 107053. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107053

Kiraz, O. (2018). *Aktif çamur sistemleri için dinamik simülasyon programı tasarımı* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi

Li, S., Wang, L., Liu, B., Zhang, X., & Fei, X. (2024). Insight into sludge bulking in a full-scale wastewater treatment plant: Quorum sensing, microbial community, and metabolic characteristics. *Environmental Technology & Innovation, 34*, Article 103562. https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103562

Liu, R., Chen, Y., Li, S.-Y., Chen, Y.-P., Guo, J.-P., Liu, S.-Y., & Yan, P. (2025). Filamentous bacteria in activated sludge: Geographic distribution and impact of treatment processes. *Journal of Environmental Management, 379*, Article 124859. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124859

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Luan, Y.-N., Yin, Y., Gu, Z., Wang, Q., Xu, Y., Zhang, F., Xiao, Y., & Liu, C. (2024). Partial nitrification-denitrification and enrichment of Paracoccus induced by iron-chitosan beads addition in an intermittently-aerated activated sludge system. *Journal of Environmental Management, 353*, Article 120189. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120189

Mofatto, P. M. B., Cosenza, A., Di Trapani, D., & Mannina, G. (2025). IFAS intermittent aeration membrane bioreactor system: The influence of sludge retention time. *Journal of Environmental Management, 379*, Article 124710. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124710

Okamoto, T., Takahashi, F., Koyama, M., & Nakasaki, K. (2025). Effect of bubble size on microbial community in intermittently-aerated activated sludge process in wastewater treatment. *Process Biochemistry, 152*, 38–46. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2025.02.011

Shao, C., Chen, H., & Dai, Y. (2024). Application of multi-index comprehensive evaluation method in the selection of wastewater treatment processes. *Desalination and Water Treatment, 320*, Article 100766. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100766

Simpson, J., Simpson, B. S., & Gerber, C. (2024). Effect of secondary and tertiary wastewater treatment methods on opioids and the subsequent environmental impact of effluent and biosolids. *Chemosphere, 364*, Article 143307. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143307

Sriwiriyarat, T., Pittayakool, K., Fongsatitkul, P., & Chinwetkitvanich, S. (2008). Stability and capacity enhancements of activated sludge process by IFAS technology. *Journal of Environmental Science and Health, Part A, 43*, 1318–1324. https://doi.org/10.1080/10934520802178075

Tan, H. L., Arifin, A. S. A., Teow, Y. H., & Lim, Y. P. (2022). Rubber glove wastewater treatment by integrated fixed-film activated sludge using polyvinyl alcohol gel beads: Effect of hydraulic retention time and percent of biomass carriers. *Desalination and Water Treatment, 257*, 2139–219. https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28186

İnsel, G., Güven, D., Soylu, D., Özyıldız, G., Zengin Balcı, G. E., & Çokgör, E. (2023). Hibrit biyofilm aktif çamur sistemleri ile kentsel atıksulardan organik karbon, azot ve fosfor giderimi: Yenilikçi hibrit biyofilm reaktör sistemi. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik, 24*(1), 47–54.

Wang, T., Zhang, Y., Yang, X., Li, Q., Zhang, Y., Xu, Z., Luo, D., Wang, Y., & Chen, J. (2025). Enhancement of *Rhodococcus erythropolis* KB1 on SBR treatment of oily wastewater: Effects of SRT, filler, and HRT. *Journal of Water Process Engineering, 69*, Article 106861. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106861

Wang, X., Wei, W., Yoo, C. K., & Liu, H. (2025). Data-driven fault detection and diagnosis methods in wastewater treatment systems: A comprehensive review. *Environmental Research, 268*, Article 120822. https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120822

Xing, Y., Li, W., Liao, X., Wang, L., Wang, B., & Peng, Y. (2025). Enhanced nitrogen removal from low C/N municipal wastewater in a step-feed integrated fixed-film activated sludge system: Synergizing Anammox and partial denitrification with sludge fermentation liquid supplementation. *Water Research, 245*, Article 123211. https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123211

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Yuan, Q., Du, Y., Chen, S., Zhao, Y., Han, Y., Jiao, Y., & Sun, Y. (2025). Impact of N loading on microbial community structure and nitrogen removal of an activated sludge process with long SRT for municipal wastewater treatment. *Water Cycle*, *6*, 28–35. https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2024.09.002

Zhang, K., Zhang, J., Li, J., Zheng, Z., & Sun, M. (2022). Analyzing the roles of cyclic dimeric guanosine monophosphate (c-di-GMP) on the formation of autotrophic granules and autotrophic biofilm in integrated fixed-film activated sludge (IFAS) reactor. *Environmental Technology & Innovation*, *26*, Article 102304. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102304

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SUPPORTING ELECTROLYTES ON THE TREATMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE LEACHATE BY ELECTROCOAGULATION

Asst. Prof. Dr. AYŞENUR ÖĞEDEY[1*]

[1*] Munzur University, aysenurcumurcu@munzur.edu.tr,

Prof. Dr. ENSAR OĞUZ

[2]Atatürk University, eoguz@ataturk.edu.tr

ÖZET

Leachates generated in municipal solid waste landfills are generally classified as hazardous wastewater due to their high pollutant loads. Depending on the age of the landfill, leachates are categorized into three classes: young, intermediate, and mature. Owing to their complex and variable composition, they are considered one of the most difficult wastewater types to treat. Electrochemical treatment technologies provide significant advantages in terms of environmental compatibility and are widely applied for the removal of pollutants, particularly from wastewaters with complex characteristics. In the electrocoagulation process, the use of supporting electrolytes not only reduces energy consumption but also promotes the formation of radicals and stable oxidants, thereby enhancing the removal efficiency.

In this study, leachate samples obtained from the municipal solid waste landfill facility in Bingöl, Turkey, were used. The experiments were conducted in a plexiglass reactor equipped with three anodes and three cathodes arranged in a monopolar parallel configuration. Filtered leachate samples (400 mL) were treated under the following conditions: current density of 25 mA/cm², pH 8.35, temperature of 20 °C, mixing speed of 200 rpm, and inter-electrode distance of 1 cm. Electrocoagulation was performed for 40 minutes at NaCl and Na_2SO_4 concentrations of 1, 5, and 10 mM.

As a result, the highest removals for COD, NH_3–N, and turbidity were obtained at 10 mM: 62%, 33%, and 65% for NaCl, and 56.8%, 29.5%, and 61.4% for Na_2SO_4, respectively. These findings indicate that both the type and concentration of supporting electrolytes play a crucial role in determining the efficiency of electrochemical treatment.

Keywords: Electrocoagulation, Leachate treatment, Municipal solid waste, Supporting electrolyte.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.Introduction

Sanitary landfilling is regarded as a conventional and widely applied strategy for solid waste management, particularly in developing countries. The leachate produced during landfilling is a complex liquid effluent that originates from multiple sources, including the intrinsic moisture of the waste, precipitation, surface runoff, and percolation processes. Moreover, both the water retained within the waste matrix and that released through microbial degradation significantly contribute to leachate generation. Numerous studies have identified a variety of hazardous substances in landfill leachate, encompassing inorganic constituents, organic matter such as humic acids, ammonium, heavy metals, and other toxic compounds. It has been documented that landfill leachate contains more than 200 different organic compounds belonging to various classes, with concentrations ranging from less than 1 µg/L to several hundred µg/L (Hosseinikhah et al. 2025). Electrochemical processes are increasingly recognized as promising alternatives for wastewater treatment, primarily due to their high efficiency in breaking down persistent pollutants. These methods offer several notable benefits, including operational simplicity, short treatment duration, reduced sludge generation, rapid reaction kinetics, and good environmental compatibility (Shahededi et al.2020). Such advantages arise from the fact that the oxidation mechanism relies mainly on electrons and oxidizing species that are generated in situ within the system. Among electrochemical approaches, electrocoagulation (EC) has been the most extensively studied technique for landfill leachate treatment. The EC process involves the dissolution of metal ions from a sacrificial anode, which subsequently react with pollutants present in the wastewater to produce coagulants in situ (Caglak et al. 2025). These coagulants interact with suspended solids and contaminants, leading to the formation of flocs whose aggregation promotes sedimentation. In this context, iron and aluminum electrodes have been widely applied because of their cost-effectiveness and favorable reaction rates (Justen et al. 2025).In this method, the application of an electric current induces the electrolytic reactions of oxygen on a sacrificial anode material, leading to the in-situ formation of coagulant species. Simultaneously, hydrogen gas bubbles evolve at the cathode, which promote the aggregation of particles through the electroflocculation process. During anodic dissolution, EC generates polyhydroxylated metallic flocs capable of adsorbing and neutralizing suspended pollutants. This phenomenon occurs under the influence of the electric current density applied within an electrochemical cell equipped with aluminum or iron sacrificial electrodes. Due to the specific characteristics of Al^{3+} ions, particularly their electron attraction tendency and ionic radius, aluminum electrodes are often selected in fluoride removal applications. During the electrochemical process, the primary reactions that take place at aluminum electrodes can be summarized as follows (Nguyen et al. 2025):

$$Anode: Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_{3(s)} \quad (1)$$

$$Cathode: 2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^- \quad (2)$$

Reduction of water molecules takes place on the cathode surface:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad (3)$$

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Depending on the Al^{3+} ion concentration, solution pH, and ageing time, successive hydrolysis reactions can lead to the formation of monomeric hydroxides such as $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_3$, $Al(OH)_4^-$, as well as polymeric species like $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$, and $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$. The pH of the solution is known to play a critical role in the electrocoagulation process, as it directly influences the nature and efficiency of the coagulating agents. These coagulating species can act synergistically: polymeric cations adsorb onto negatively charged colloidal particles, promoting aggregation through charge neutralization and/or bridging flocculation. The resulting aggregates can become entrapped within the extended amorphous hydroxide precipitate, a mechanism commonly referred to as “sweep flocculation” (Trompette and Vergnes, 2025)

Previous studies have highlighted the synergistic benefits of applying various technologies for leachate treatment. In the study conducted by Guvenc et al. (2019), the application of iron electrodes at 3.5 A current density led to 45% TOC, 57.4% COD, and 77.1% color removal during 30 minutes of leachate concentrate treatment. Zaldivar-Díaz et al. (2023) applied EC–CP treatment to actual textile wastewater from denim production, using a Mg anode and Fe cathode. They reported optimum conditions at pH 4.5, 29 min reaction time, and 144.7 A/m² current density, with $CaCl_2$ giving the best outcome. Under these circumstances, the combined process removed 91% COD, 93% color, and 94% turbidity. Keyikoglu et al. (2019) investigated the role of supporting electrolytes in RB5 removal by electrocoagulation using Al and Fe electrodes. They reported low efficiencies with SO_4^{2-} and NO_3^-, while Cl^--based electrolytes ensured almost complete decolorization (~99.9%). The addition of NH_4^+ notably enhanced Al electrode performance, achieving over 98% removal within 10 minutes. Maitlo et al. (2018) showed that aluminum–air fuel cell electrocoagulation can remove arsenate while producing power. Using mixed NaCl/Na_2SO_4 electrolytes, the system achieved 308 mW/m² and reduced arsenate concentration to 15 mg/L after 24 h, highlighting its dual efficiency. Ghernaout and Ghernaout (2011) reported that solution conductivity is a key factor in electrocoagulation (EC). While Na_2SO_4 can enhance current diffusion as a supporting electrolyte, its effects are inconsistent. Compared to NaCl, Na_2SO_4 often shows lower removal efficiencies for humic substances, oil-in-water emulsions, and fluoride, and may increase energy consumption in unskimmed milk and cutting oil emulsions. These outcomes are linked to higher $Al(OH)_3$(am) formation and reduced ion adsorption efficiency in sulfate media, highlighting the importance of proper cation distribution before hydroxide formation to improve EC performance.

Therefore, the present study aims to evaluate the effect of supporting electrolyte type (NaCl and Na_2SO_4) and concentration on the removal efficiency of COD, NH_3–N, and turbidity in municipal solid waste leachate using aluminum electrodes in a batch electrocoagulation reactor. The study also seeks to assess the influence of these electrolytes on energy consumption and electrode dissolution, providing insights for optimizing electrocoagulation performance in practical landfill leachate treatment applications.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2.Materials and Methods

2.1.Experimental Leachate and Its Characterization

The leachate used in this study was obtained from the municipal solid waste landfill site in Bingöl Province. The leachate used in the experimental study was stored at +4°C in a refrigerator to prevent degradation prior to laboratory analyses. Some of the characteristic properties of the leachate are presented in Table 1.

Table 4. Some characteristic properties of the leachate used in the experiments.

Parameters	Units	Values
pH		8.35
Conuctivity	mS/cm	47
Total Solids (TS)	mg/L	7700
Total Volatile Solids (TVS)	mg/L	2871
Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	221
Volatile Suspended Solids (VSS)	mg/L	35
TDS	mg/L	6654
COD	mg/L	4175
BOD_5	mg/L	1650
Chloride (Cl^-)’	mg/L	2872
BOD_5 / COD	mg/L	0.4
NH_3- N	mg/L	2438.7
Turbidity	NTU	228
Color (RES)		
436 nm, R.Yellow RR Gran	cm^{-1}	1063
525 nm, R.Red RR Gran	cm^{-1}	576
620 nm, R.Blue RR Gran	cm^{-1}	415

2.2.Electrocoagulation Process Application

A reactor made of plexiglass with dimensions of 20 cm × 8 cm × 10 cm was used in the process. Aluminum electrodes were arranged in a monopolar parallel configuration, consisting of three anodes and three cathodes. To ensure complete mixing, a Daihan HS-30D mechanical stirrer was immersed from the top of the reactor and operated throughout the reaction period.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

In the electrochemical experiments, 400 mL samples of filtered and quarter-diluted raw leachate were placed into the reactor. The experiments were conducted under the following conditions: current density of 25 mA/cm², pH 8.35, temperature 20°C, stirring speed 200 rpm, electrode spacing of 1, 1.5, and 2 cm, and supporting electrolyte concentrations of 1 mM, 5 mM, and 10 mM for both NaCl and Na_2SO_4. The removal efficiencies of COD, ammonia nitrogen, and turbidity were determined at sampling intervals of 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40 minutes. Before measurement, the supernatant was filtered through a 45 μm filter paper. The schematic of the electrochemical process setup is presented in Figure 1.



Figure 1. Schematic representation of electrochemical processes

Turbidity of the samples was measured using an Aqualytic AL250T-IR turbidimeter. Chemical oxygen demand (COD) analyses were carried out following the Standard Methods (SM 5220.D) Closed Reflux Colorimetric procedure. Ammonia nitrogen (NH_3-N) concentrations were determined according to the Standard Methods 4500-F Phenate method. All measurements were performed in accordance with established standard protocols to ensure accuracy and reproducibility.

3.Result and Discussions

3.1.Effect of NaCl Electrolyte on the Efficiency of Electrocoagulation for COD, NH_3-N, and Turbidity Removal

The electrical conductivity of the solution is a critical factor for reducing energy consumption during electrocoagulation (Chou et al., 2009). To enhance conductivity, sodium chloride (NaCl) was applied as a supporting electrolyte. The influence of NaCl at concentrations of 0, 1, 5, and 10 mM on the removal of COD, ammonia nitrogen (NH_3–N), and turbidity from leachate was examined, and the results are illustrated in Figure 2.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

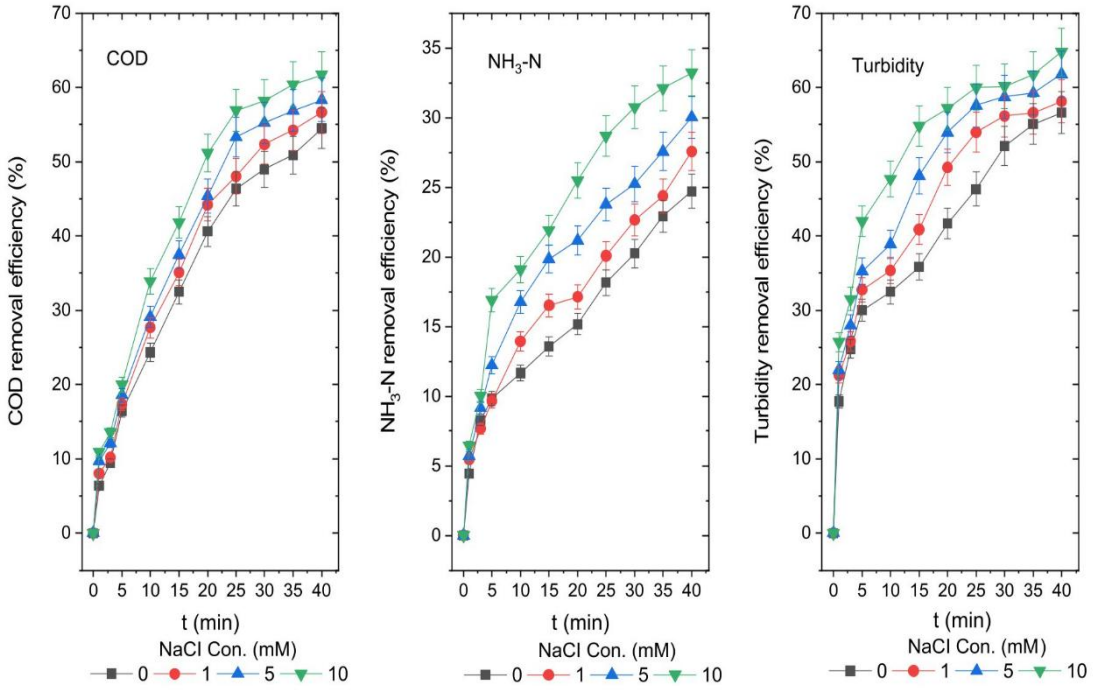


Figure 2. Removal efficiencies of COD, NH_3-N, and turbidity at different NaCl concentrations.

Experiments were performed under the following operational conditions: natural pH of 8.35, initial temperature of 20 °C, current density of 20 mA/cm², electrode spacing of 1 cm, and agitation speed of 200 rpm. After 40 minutes of reaction, the samples collected from the reactor were filtered through a 45 µm membrane, and COD, NH_3–N, turbidity, were analyzed. The effluent pH values obtained after 40 minutes were 9.27, 9.33, and 9.47 at NaCl concentrations of 1, 5, and 10 mM, respectively. At NaCl levels of 0, 1, 5, and 10 mM, the removal efficiencies for COD were 55%, 57%, 59%, and 62%; for NH_3–N were 25%, 27%, 30%, and 33%; and for turbidity were 56%, 58%, 62%, and 65%. The best removal performance was observed at 10 mM NaCl, achieving 62% for COD, 33% for NH_3–N, and 65% for turbidity. An increase in chloride ion concentration also mitigated anode passivation, thereby improving current transfer and enhancing the electrical conductivity of the medium. During the electrocoagulation process, chloride ions (Cl^-) are discharged at the anode, generating chlorine gas (Cl_2). Subsequently, Cl_2 undergoes chemical transformation into hypochlorite ions (ClO^-), which act as strong oxidizing agents for various contaminants (C.-T. Wang et al., 2009). The oxidation of dissolved substances in the solution produces intermediate compounds that can promote the adsorption of monomers. In addition, aluminum hydroxide [$Al(OH)_3$] facilitates pollutant removal by entrapping destabilized colloids and oxidized intermediates within its flocculent structure. Meanwhile, the release of H_2 and Cl_2 gases at the cathode, combined with aeration induced by mixing, enhances flotation, thereby improving COD and turbidity removal efficiencies with increasing concentrations of Cl^- ions. In alkaline media, ammonia is the predominant species.

It can be removed either through direct oxidation to nitrogen or by air stripping facilitated by the fine bubbles generated during electrolysis. The presence of chlorine in the system further enhances ammonia degradation through indirect oxidation pathways.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

As a result, ammonia removal via the indirect mechanism becomes highly effective. At pH 10, the dominant nitrogen and chlorine species in the bulk solution are NH_3 and OCl^-, respectively. The corresponding reactions can be expressed as follows:

$$2CI^- + 2H^+ \rightarrow CI_2 + H_2 \quad (4)$$

$$CI_2 + H_2O \leftrightarrow HOCI + H^+ + CI^- \quad (5)$$

$$HOCI \leftrightarrow OCI^- + H^+ \quad (6)$$

$$OCI^- + NH_3 \rightarrow NH_2CI + OH^- \quad (7)$$

$$NHCI_2 + H_2O \rightarrow N_2 + H_2O + H^+ + CI^- \quad (8)$$

In addition, the effect of the supporting electrolyte on ammonia removal by electrocoagulation was investigated, and the findings were found to be consistent with previous studies. Addich et al. (2025) reported that the presence of chloride ions in treated water leads to their oxidation, resulting in the formation of active chlorine species such as hypochlorite. These species exhibit strong oxidizing effects on pollutants. The authors noted that this behavior of chloride ions arises from their generation during the electrocoagulation process. This mechanism is explained by the reactions presented in Eqs. (1) and (2). Sun et al. (2007) reported that the pH is influenced by both cathodic and anodic processes, as well as by chlorine reactions in water. As electrolysis progressed, the pH gradually decreased due to the dissolution of Cl_2 generated by chlorine electrolysis and the occurrence of reactions (6) and (7). In the electrolyte where Cl and NH_4^+ coexist, ammonia was oxidized by free chlorine, as shown in Eq. (8). The ammonia oxidation reaction produced hydrochloric acid, leading to a gradual decrease in the solution pH as the electrolytic oxidation proceeded. This finding can be explained with reference to earlier research: Mahvi et al. (2011) reported that the presence of chloride ions (Cl^-) provides significant advantages, particularly when aluminum plates are used. It has been suggested that chloride ions can break down the alumina film (Al_2O_3) through pitting corrosion. The alumina film typically forms on the surface of the aluminum anode and can inhibit the release of Al^{3+} ions as well as electron transfer, leading to increased energy consumption and decreased process efficiency. Therefore, the breakdown of the alumina film (Al_2O_3) can significantly enhance the system efficiency. The mechanisms proposed for COD, NH_3-N, and turbidity removal in the presence of a NaCl supporting electrolyte exhibit similar characteristics to those reported in previous studies (Du et al., 2025; Aoudj et al., 2017).

3.2.The Effect of Na_2SO_4 Supporting Electrolyte on COD, NH_3-N, and Turbidity Removal from Leachate by Electrocoagulation Process

The influence of different Na_2SO_4 concentrations (0, 1, 5, and 10 mM) on the removal of COD, NH_3-N, and turbidity from landfill leachate was examined (Figure 3).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

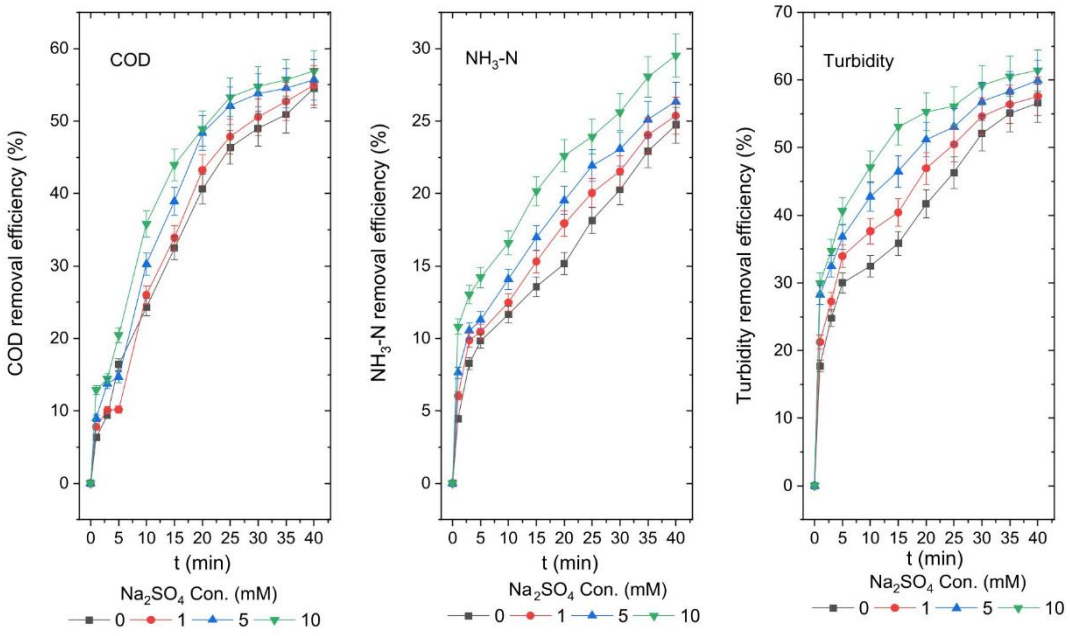


Figure 3. Removal efficiencies of COD, NH_3-N, and turbidity at different Na_2SO_4 concentrations.

Experiments were carried out under initial conditions of pH 8.35, temperature 20°C, current density 20 mA/cm², inter-electrode distance 1 cm, and stirring at 200 rpm. After 40 minutes of reaction, samples were collected, filtered through a 45 µm membrane, and analyzed for COD, NH_3-N, and turbidity. Following treatment, the final pH values of the leachate increased slightly with higher Na_2SO_4 concentrations, reaching 9.04, 9.15, and 9.24 for 1, 5, and 10 mM, respectively. Removal efficiencies after 40 minutes were observed to increase gradually with Na_2SO_4 concentration. COD removal reached 54.5%, 54.9%, 55.7%, and 56.8%; NH_3-N removal was 24.7%, 25.4%, 26.3%, and 29.5%; and turbidity removal was 56.6%, 57.7%, 59.9%, and 61.4% for 0, 1, 5, and 10 mM Na_2SO_4, respectively. The highest efficiencies for COD, NH_3-N, and turbidity were achieved at 10 mM Na_2SO_4. Overall, increasing the supporting electrolyte concentration slightly enhanced the treatment performance. This phenomenon can be interpreted based on previous studies: Ghernaout and Ghernaout (2011) reported that sulfate anions have a considerably negative impact on and the efficiency of the electrocoagulation (EC) process. In contrast, chloride and ammonium ions were found to be particularly beneficial for aluminum corrosion and pH regulation, respectively, while sodium cations exhibited a neutral effect. The study further indicated that EC can be effectively conducted at low anodic potentials even in the presence of sulfate ions when the $[Cl^-]/[SO_4^{2-}]$ ratio is approximately 1/10 or higher. Moreover, the detrimental influence of sulfates on EC efficiency can be mitigated through the buffering effect provided by ammonium salts. Kumar and Basu (2025) reported that sulfate removal during electrocoagulation using aluminum electrodes is primarily facilitated by the electrically generated $Al(OH)_3$ complex. Consequently, the rate of sulfate elimination is directly related to both the influent sulfate concentration and the amount of $Al(OH)_3$ formed. However, it has been observed that at high initial sulfate concentrations, the removal efficiency decreases.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

This reduction is attributed to the inability of the $Al(OH)_3$ flocs to accommodate the excessive sulfate ions on their surface.

According to Faraday's law, the initial sulfate concentration does not affect the extent of aluminum anode dissolution; under constant current density and electrocoagulation time, the generation rate of hydroxyl radicals and the total volume of $Al(OH)_3$ flocs remain approximately constant. Therefore, at elevated initial sulfate levels, the flocs cannot fully capture the sulfate ions, resulting in a decrease in removal efficiency. Li et al. (2023) reported that passivation is a major issue during electrocoagulation under high sulfate concentrations. They indicated that the formation of an insoluble aluminum oxide layer on the electrode surface hinders metal dissolution and ion transfer, which consequently leads to increased energy consumption and reduced removal efficiency. The mechanisms proposed for COD, NH_3-N, and turbidity removal in the presence of a $NaSO_4$ supporting electrolyte exhibit similar characteristics to those reported in previous studies (Zaldivar-Díaz et al., 2023; Keyikoglu et al., 2019).

4.Conclusions

Various salts can be used as supporting electrolytes to provide the required conductivity in the electrocoagulation cell. However, the selection of the electrolyte should be made carefully, since the anions or cations present in the solution may interfere with the electrolytic reactions at the electrodes. Therefore, both the type and dosage of the electrolyte must be determined considering the electrode material used and the characteristics of the wastewater to be treated. The results of the electrocoagulation experiments indicated that the type of electrolyte significantly influenced the overall performance of the process. The efficiency of a single supporting electrolyte varied depending on its concentration, resulting in different removal efficiencies. The experimental studies were conducted under natural pH 8.35, initial temperature of 20 °C, current density of 20 mA/cm², inter-electrode distance of 1 cm, and stirring speed of 300 rpm. The effects of NaCl and Na_2SO_4 supporting electrolytes at concentrations of 0, 1, 5, and 10 mM on COD, NH_3-N, and turbidity removal from leachate were investigated. The highest COD, NH_3–N, and turbidity removal efficiencies were achieved with 10 mM NaCl, yielding 62%, 33%, and 65%, respectively. At 10 mM Na_2SO_4, the maximum removal efficiencies were 56.8% for COD, 29.5% for NH_3–N, and 61.4% for turbidity. It was observed that increasing the supporting electrolyte concentration enhanced the removal efficiencies of COD, NH_3–N, and turbidity from leachate.

Nevertheless, the presence of Na_2SO_4 exhibited negative effects on pollutant removal and current density, whereas chloride-containing electrolytes provided a medium that required lower energy consumption. The pH variations during leachate treatment were mainly dependent on the initial pH and the type of supporting electrolyte used. Overall, the electrocoagulation of leachate was found to be most efficient under the conditions of natural pH 8.35, temperature of 20 °C, current density of 20 mA/cm², inter-electrode distance of 1 cm, stirring speed of 300 rpm, and with 10 mM NaCl as the supporting electrolyte.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Acknowledgments
All acknowledgments (if any) should be included at the very end of the manuscript before the references. Anyone who made a contribution to the research or manuscript, but who is not a listed author, should be acknowledged (with their permission).

Ethical approval
The author declares that this study complies with research and publication ethics.

Informed consent

Not available.

Conflicts of interest

There is no conflict of interests for publishing their study.

Data availability statement
This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Funding organizations
Open access funding provided by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK).

Author contribution
Conceptualization: Aysenur Ogedey and Ensar Oguz; methodology: Aysenur Ogedey and Ensar Oguz; formal analysis and investigation: Aysenur Ogedey; writing and preparation of original draft: Aysenur Ogedey; writing which included review and editing: Ensar Oguz; resources: Aysenur Ogedey and Ensar Oguz; supervision: Ensar Oguz.

References
Aoudj, S., Khelifa, A., & Drouiche, N. (2017). Removal of fluoride, SDS, ammonia and turbidity from semiconductor wastewater by combined electrocoagulation–electroflotation. *Chemosphere, 180*, 379–387. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.045
Demirbas, E., & Kobya, M. (2017). Operating cost and treatment of metalworking fluid wastewater by chemical coagulation and electrocoagulation processes. *Process Safety and Environmental Protection*, 105, 79–90. https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.10.013

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Du, X., Yu, N., Song, W., Wang, Z., Yuan, T., & Zhang, W. (2025). Electrocoagulation aerobic-anoxic gravity driven ceramic membrane (EC-OA-GDCM) for mariculture wastewater treatment: Enhanced nitrogen removal mechanism. *Desalination, 615*, Article 119221. https://doi.org/10.1016/j.desal.2025.119221

Ghernaout, D., & Ghernaout, B. (2011). On the controversial effect of sodium sulphate as supporting electrolyte on electrocoagulation process: A review. *Desalination and Water Treatment, 27*, 243–254. https://doi.org/10.5004/dwt.2011.1983

Keyikoglu, R., Can, O. T., Aygun, A., & Tek, A. (2019). Comparison of the effects of various supporting electrolytes on the treatment of a dye solution by electrocoagulation process. *Colloid and Interface Science Communications, 33*, Article 100210. https://doi.org/10.1016/j.colcom.2019.100210

Sun, D., Hong, X., Wu, K., Hui, K. S., Du, Y., & Hui, K. N. (2020). Simultaneous removal of ammonia and phosphate by electrooxidation and electrocoagulation using RuO_2–IrO_2/Ti and microscale zero-valent iron composite electrode. *Water Research, 169*, Article 115239. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115239

Zaldivar-Díaz, J. M., Martínez-Miranda, V., Castillo-Suárez, L. A., Linares-Hernández, I., Solache Ríos, M. J., & Alcántara-Valladolid, A. E. (2023). Synergistic electrocoagulation–precipitation process using magnesium electrodes for denim wastewater treatment: Bifunctional support electrolyte effect. *Journal of Water Process Engineering, 51*, Article 103369. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103369

Addich, M., Bouzrour, S., El Filali, N., Fatni, A., Haddouchy, H., Ousaa, A., Thandapani, G., & El Baraka, N. (2025). Electrocoagulation for nitrate removal from groundwater in Rabat-Kenitra, Morocco: Processing, modeling, optimization and cost estimation. *Desalination and Water Treatment, 322*, Article 101221. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101221

Trompette, J. L., & Vergnes, H. (2009). On the crucial influence of some supporting electrolytes during electrocoagulation in the presence of aluminum electrodes. *Journal of Hazardous Materials, 163*(2–3), 1282–1288. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.07.148

Nguyen, K. A., Shin, Y.-U., Nguyen, D. A., & Jang, A. (2025). A robust approach for sustainable removal and recovery of fluoride via cryolite crystallization in an enhanced electrocoagulation process. *Journal of Water Process Engineering, 76*, Article 108256. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.108256

Kumar, A., & Basu, D. (2025). Optimization and prediction of SO_4^{2-} removal in electrocoagulation process with rotating electrodes using Taguchi and ANN approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 13*, Article 116934. https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.116934

Mahvi, A. H., Ebrahimi, S. J. A., Mesdaghinia, A., Gharibi, H., & Sowlat, M. H. (2011). Performance evaluation of a continuous bipolar electrocoagulation/electrooxidation–electroflotation (ECEO–EF) reactor designed for simultaneous removal of ammonia and phosphate from wastewater effluent. *Journal of Hazardous Materials, 192*, 1267–1274. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.041

Justen, N., Borba, F. H., Mayer, I., Seibert, D., Inticher, J. J., Piazzi Fuhr, A. C. F., Carissimi, E., & Leichtweis, J. (2025). Advanced landfill leachate treatment: Sequential

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

electrocoagulation and electrooxidation system for efficient remediation. *Journal of Water Process Engineering, 74*, Article 107777. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107777

Maitlo, H. A., Kim, J. H., An, B. M., & Park, J. Y. (2018). Effects of supporting electrolytes in treatment of arsenate-containing wastewater with power generation by aluminum air fuel cell electrocoagulation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 57*, 254–262. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.08.031

Hosseinikhah, M., Ghalebizade, M., Hassani, A., Behzadian, K., Wacławek, S., Lin, K.-Y. A., & Ghanbari, F. (2025). An efficient sequential method for enhanced landfill leachate treatment and detoxification: Electrocoagulation/permanganate, peroxymonosulfate-based process, and electro-peroxone. *Journal of Environmental Management, 388*, Article 125785. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125785

Li, Y.-F., Liu, Y.-J., Yen, C.-H., & Hu, C.-Y. (2023). Boron removal from high sulfate-containing coal-fired power plant wastewater by an ultrasound/bipolar electrocoagulation process with aluminum electrodes. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 11*, Article 110473. https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110473

Shahedi, A., Darban, A. K., Taghipour, F., & Jamshidi-Zanjani, A. (2020). A review on industrial wastewater treatment via electrocoagulation processes. *Current Opinion in Electrochemistry, 22*, 154–169. https://doi.org/10.1016/j.coelec.2020.05.009

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BOĞAZKERE, ASMALIK VE AŞIK BEYAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNE AİT MEYVE ÖRNEKLERİNİN ANTİBİYOFİLM ETKİ POTANSİYELİ

Doç. Dr. Nurcan ERBİL

Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Ardahan/Türkiye, nurcanerbil@ardahan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9553-2306

Prof. Dr. Zehra Tuğba MURATHAN

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Malatya/Türkiye, zehra.murathan@ozal.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1468-7240

ÖZET

Türkiye'nin sahip olduğu coğrafik koşullar ve iklim özellikleri nedeni ile farklı üzüm çeşitlerinin yetişmesi için elverişli bir ortam oluşturmaktadır. Üzüm dünya genelinde insanlar tarafından farklı şekillerde sevilerek tüketilen ve ekonomik değere sahip olan bir meyvedir. Üzüm taze meyve olarak tüketilebildiği gibi, pekmez, marmelat, sirke, şarap vb. ürünlerin üretiminde ham madde olarak da kullanılabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin Malatya ilinden toplanmış olan Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerine ait meyve örneklerinden elde edilen sulu ekstraktların antibiyofilm aktiviteleri test bakterilerine karşı kristal viyole yöntemi ile analiz edilmiştir. Test bakterisi olarak *Escherichia coli* ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 (Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu, Manassas, VA, ABD) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde Boğazkere meyve ekstraktında sadece *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027'ya karşı antibiyofilm aktivite gözlenirken, Asmalık meyve ekstraktında *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 ve *Escherichia coli* ATCC 8739'ye karşı etki tespit edilmiştir. Aşık beyazı meyve ekstraktında ise *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495'ye karşı farklı madde konsantrasyonlarında değişen oranlarda antibiyofilm aktivite belirlenmiştir. *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580'e karşı Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı ekstraktlarının kullanılan dozlarının hiçbirinde antibiyofilm aktivite tespit edilememiştir. Sonuç olarak taze ve olgun üzüm meyvelerinden elde edilen sulu ekstratların farklı test bakterilerinde biyofilm oluşumunu inhibe etmesi, tüketici sağlığını destekler nitelikte olup, sonraki çalışmalar için de zemin oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: Boğazkere, Asmalık, Aşık beyazı, Üzüm, Antibiyofilm

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. GİRİŞ

Üzüm, Vitaceae familyasının *Vitis* cinsine ait olan bir bitkidir. Bu cinsin en yaygın türlerinden olan *Vitis vinifera* L., dünyada ilk olarak kültürü yapılan üzüm türü olup, aynı zamanda en fazla üzüm çeşidine sahip olan türdür. Eldeki bilimsel veriler ışığında üzümün yaklaşık olarak M.Ö. 6000-5000 yılları arasında ilk olarak Kafkasya ve Anadolu'da kültüre alındığı ve daha sonra buradan dünyanın diğer bölgelerine yayıldığı düşünülmektedir [1].

Üzüm tüm dünya genelinde yaygın bir şekilde üretilen ve çeşitli şekillerde tüketilen bir meyvedir. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database/Gıda ve Tarım Örgütü Kurumsal İstatistik Veritabanı) verilerine göre 2023 yılında dünya genelinde 72 milyon ton üzüm üretildiği bildirmiş olup, bunun 13.5 milyon tonu Çin tarafından üretilmiştir. Türkiye ise 3.4 milyon tonluk üretim ile 7. sırada yer almaktadır [2, 3].

Mikroorganizmalar bazen saf kültür halinde bazen de karışık kültürler halinde bir biyofilm yapısının içerisinde bulunabilirler. Çünkü biyofilm yapısı, içerisinde bulunan mikroorganizmları çevresel etkilere karşı daha korunaklı kılmakta, mikroorganizmaların besinlere ulaşımını kolaylaştırmakta ve mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar ile işbirliği yapmasına olanak sağlayarak onların yeni ve farklı davranış şekilleri ve genetik özellikler meydana getirmelerine olanak sağlayabilmektedir [4]. Bundan dolayı biyofilm matriksi içerisinde bulunan mikroorganizmalar, serbest yaşayan formlara göre birçok faktöre karşı daha dirençli bir hal almaktadır. Bundan dolayıdır ki gıda sektörü, sağlık sektörü ve daha birçok sektörde istenmeyen mikroorganizmaların oluşturduğu biyofilm yapısının önüne geçilmesine yönelik antibiyofilm çalışmaları önem arz etmektedir.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki bitkilerin yapısında bulunan polifenolik moleküller, başta antimikrobiyal etki olmak üzere birçok biyoaktif özelliğe sahiptir [5, 6, 7].

Bu çalışmada Malatya ilinden toplanan Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerinin çeşitli test bakterilerine karşı antibiyofilm potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır. Literatürde üzüm çeşitlerinin antibiyofilm aktivitesi üzerine sınırlı sayıda çalışmanın var olması yönüyle bu çalışma önem arz etmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Meyve Örneklerinin Temini

Çalışmada kullanılan Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerine ait meyve örnekleri Malatya ilinden yerel üreticilerin bahçelerinden toplanmıştır. Meyve örnekleri hasat dönemi olan Eylül-Ekim aylarında toplanmış olup, olgun meyvelerin toplanmasına özen gösterilmiştir. Örnekler etiketlenmiş ve soğutucu çanta içerisinde laboratuvara getirilmiştir.

2.2. Meyve Ekstraktının Hazırlanması

Toz, kir, sap ve yapraklarından ayıklanan taze meyve örneklerinin her birinden ayrı ayrı 40 g tartılmış ve üzerlerine 200 ml saf su eklenerek ultra-turrax ile homejenize edilmiştir. Elde edilen homojenatlar oda sıcaklığında ve 190 rpm'de 72 saat ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar daha sonra 5000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir [8]. Süpernatantlar toplanmış ve rotary evaporatör ile konsantre edildikten sonra kullanılıncaya kadar -20 ºC'de muhafaza edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2.3. Antibiyofilm Aktivite Tayini

Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerine ait meyve örneklerinin sulu ekstratlarının antibiyofilm aktivitesi modifiye kristal viyole yöntemi ile belirlenmiş olup; *Escherichia coli* ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 (Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu, Manassas, VA, ABD) test bakterisi olarak kullanılmıştır. Besiyeri olarak LB broth (Merck, Almanya) kullanılmıştır. Analizler esnasında 96 kuyucuklu steril mikroplakalar kullanılmıştır. İçerisinde farklı konsantrasyonlarda üzün ekstraktı ve LB besiyeri bulunduran kuyucuklara McFarland 0,5 standardına göre ayarlanmış 16 saatlik bakteri kültüründen 10 µL eklenmiştir. Mikroplakalar 37 °C'de 48 saat inkübe edildikten sonra mikroplakalar aspire edilmiş ve 2-3 kez distile su ile yıkanmıştır. Mikroplaklar oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve kuruduktan sonra kuyucuklara 130 µL %95'lik metanol (Merck, Almanya) eklenerek 15 dk inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda kuyucuklardaki metanol boşaltılmış ve mikroplakalar kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra kuyucuklara 125 µL %0.1'lik kristal viyole solüsyonu eklenerek 10 dakika daha inkübe edilmiştir. Daha sonra mikroplakalar 2-3 kez distile su ile yıkanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kuyucuklara 200 µL Gram (+) bakteriler için %33'lük glasiyal asetik asit (Merck, Almanya) ve Gram (-) bakteriler için %95'lik etanol (Merck, Almanya) eklenerek 15 dakika beklenmiştir. Çözünmüş boyayı içeren mikroplakalar 600 nm'de ELISA Reader ile spektrofotometrik olarak okunmuştur. Analizler üç tekrarlı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kontrole (sadece bakteri ve besiyeri) karşı değerlendirilmiştir [9]. Sirke örneklerinin antibiyofilm aktivitesi aşağıdaki formüle göre "%" olarak hesaplanmıştır. Analizler üç tekrarlı yapılmıştır.

$$\%\ İnhibisyon = \frac{[OD600(kontrol) - OD600(örnek)]}{OD600(kontrol)} * 100$$

2.4. İstatistik Analizler

Üç tekrarlı olarak yapılan analizlerden elde edilen verilerin ortalama değerleri SPSS (version 25) paket programı ile hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitkiler ve bitkisel kökenli ürünler yüzyıllardır insanoğlu tarafından çeşitli hastalıkların tedavisinden geleneksel olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar da farklı bitki örneklerinin sahip oldukları biyoaktif bileşenler sayesinde birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal aktivite sergilediğini ortaya koymaktadır [10]. Standart antibiyotiklerin aksine, bitki özleri bakteri hücreleri üzerinde çok yönlü bir etki gösterebilmekte ve bu durum ise bakterilerin bu ürüne karşı direnç geliştirme riskini önemli ölçüde azaltmaktadır [11].

Bu çalışmada Malatya ilinden toplanan Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerinin test bakterilerine karşı antibiyofilm potansiyeli araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1, 2 ve 3'te sunulmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Boğazkere üzüm çeşidinden elde edilen antibiyofilm sonuçlarına göre, bu üzüm çeşidine ait sulu ekstraktın denenen hiçbir dozunda *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495'ye karşı antibiyofilm aktivite sergilemediği tespit edilmiştir. Buna karşın, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 ve *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633'ye karşı değişen oranlarda antibiyofilm etki tespit edilmiş olup, test bakterileri arasında en yüksek antibiyofilm aktivitenin %80'in üzerinde olmak üzere *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027'ya karşı sergilendiği görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Boğazkere meyve antibiyofilm sonuçları

Bakteri	**Madde Miktarı**		
	16.78 mg/ml*	**8.39 mg/ml**	**4.195 mg/ml**
Staphylococcus aureus ATCC 6538	79.90 ± 1.65**	73.30 ± 11.21	74.62 ± 2.61
Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027	81.91 ± 3.41	86.51 ± 2.76	22.56 ± 12.91
Enterobacter aerogenes ATCC 13048	-	-	-
Bacillus subtilis subsp. *spizizenii* ATCC 6633	-	41.64 ± 28.53	46.32 ± 4.45
Bacillus licheniformis ATCC 14580	-	-	-
Escherichia coli ATCC 8739	-	-	-
Klebsiella pneumoniae ATCC 33495	-	-	-

*Test edilen madde miktarı, **Sonuçlar % olarak verilmiştir

Asmalık üzüm çeşidinden elde edilen antibiyofilm sonuçları incelendiğinde, benzer bir şekilde bu üzüm çeşidine ait sulu ekstraktın denenen hiçbir dozunda *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580 ve *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495'ye karşı antibiyofilm aktivite sergilemediği tespit edilmiştir. Buna karşın, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633 ve *Escherichia coli* ATCC 8739'ye karşı değişen oranlarda antibiyofilm etki tespit edilmiştir. Test bakterileri arasında en yüksek antibiyofilm aktivitenin %65.08 oranında yine *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027'ya karşı sergilendiği görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Asmalık üzüm meyve antibiyofilm sonuçları

	Madde Miktarı		
	6.08 mg/ml*	**3.04 mg/ml**	**1.52 mg/ml**
Staphylococcus aureus ATCC 6538	7.62 ± 3.85**	21.71 ± 2.52	-
Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027	34.95 ± 2.43	65.08 ± 3.82	-
Enterobacter aerogenes ATCC 13048	-	-	-
Bacillus subtilis subsp. *spizizenii* ATCC 6633	61.03 ± 8.68	-	55.80 ± 0.83
Bacillus licheniformis ATCC 14580	-	-	-
Escherichia coli ATCC 8739	-	26.29 ± 0.67	20.07 ± 4.95
Klebsiella pneumoniae ATCC 33495	-	-	-

*Test edilen madde miktarı, **Sonuçlar % olarak verilmiştir

Aşık beyazı üzüm çeşidinden elde edilen antibiyofilm sonuçları incelendiğinde ise bu üzüm çeşidine ait sulu ekstraktın denenen hiçbir dozunda *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580'e karşı

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

antibiyofilm aktivite sergilemediği tespit edilmiştir. Buna karşın, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495'ye karşı değişen oranlarda antibiyofilm etki tespit edilmiştir. Test bakterileri arasında en yüksek antibiyofilm aktivitenin %6523 oranında *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633'ye karşı sergilendiği görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Aşık beyazı üzüm meyve antibiyofilm sonuçları

	Madde Miktarı		
	11.06 mg/ml*	**5.53 mg/ml**	**2.765 mg/ml**
Staphylococcus aureus ATCC 6538	-	-	-
Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027	26.34 ± 13.72**	-	52.28 ± 1.32
Enterobacter aerogenes ATCC 13048	-	-	-
Bacillus subtilis subsp. *spizizenii* ATCC 6633	-	65.23 ± 1.99	-
Bacillus licheniformis ATCC 14580	-	-	-
Escherichia coli ATCC 8739	-	-	50.55 ± 9.31
Klebsiella pneumoniae ATCC 33495	-	-	23.38 ± 0.83

*Test edilen madde miktarı, **Sonuçlar % olarak verilmiştir

Literatürde farklı üzüm çeşitlerinin farklı biyolojik aktiviteleri üzerine çok sayıda çalışma bulunmasına karşın, Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerine ait yaprak örneklerinin kullanıldığı tek çalışmada, bu çeşitlere ait yaprak örnekelerinin metanolik ekstratlarının *Listeria monocytogenes* ATCC 19115'e karşı antibiyofilm aktivite sergilediği bildirilmiştir [12]. Farklı bir çalışmada ise *Vitis vinifera* L. çekirdek ekstraklarının farklı *Staphylococcus aureus* suşları ve klinik izolatları üzeri değişen oranlarda antibakteriyel ve antibiyofilm aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir [13].

Üzüm bitkisinin farklı kısımları kateşin ve epikateşin içerebilmektedir. Bazı yayınlarda ise kateşinler ve epikateşinlerin bakteri iletişim mekanizması olan quorum-sensing mekanizmasını engelleyerek, EPS üretimini inhibe ettiği ve böylece biyofilm oluşumunu bozduğu bildilmektedir [14, 15]. Bir başka çalışmada ise üzüm posasının hidroetanolik özütlerinin *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*'ta biyofilm oluşumunu inhibe ettiği rapor edilmiştir [16].

Günlük diyet içerisinde sıklıkla yer alan üzüm farklı şekillerde tüketilebilmektedir. Taze meyve olarak tüketilebildiği gibi, farklı formlarda işlenerek pekmez, sucuk, pestik vb. şekillerde veya fermente edilerek sirke ve şarap olarak da tüketilebilmektedir. Üzüm içerdiği vitaminler, mineraller ve polifenoller nedeni ile insan sağlığını destekleyebildiği gibi sahip olduğu antimikrobiyal ve antioksidan etkiler dolayısıyla da oldukça sağlıklıdır. Bu çalışmada ise Malatya ilinden toplanan Boğazkere, Asmalık ve Aşık beyazı üzüm çeşitlerinin test bakterilerine karşı antibiyofilm potansiyeli araştırılmış ve her üç üzüm çeşidinde de değişen oranlarda antibiyofilm etki tespit edilmiştir. Bu durum üzümün istenmeyen mikroorganizmaların biyofilm oluşumuna engel olmak amacıyla doğal bir ajan olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[1] Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., Genel Bağcılık, Sun Fidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi, 1, 253, Ankara, 1998.

[2] Food and Agriculture Organization of the United Nations—Statistics Division (FAOSTAT), **http://www.fao.org/faostat/** (Erişim tarihi: 23.10.2025).

[3] TÜİK, http://www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 17.10.2025).

[4] Davey, M.E., O'toole, G.A. Microbial biofilms: from ecology to molecular genetics, Microbiology Molecular Biology Reviews, 64 (4), 847-867, 2000.

[5] Roleira, F.M.F., Tavares-Da-Silva, E.J., Varela, C.L., Costa, S.C., Silva, T., Garrido, J., Borges, F. Plant Derived and Dietary Phenolic Antioxidants: Anticancer Properties, Food Chem, 183, 235–258, 2015.

[6] Ambriz-Pérez, D.L., Leyva-López, N., Gutierrez-Grijalva, E.P., Heredia, J.B. Phenolic Compounds: Natural Alternative in Inflammation Treatment, A Review, Cogent Food Agric, 2, 1131412, 2016.

[7] Rempe, C.S., Burris, K.P., Lenaghan, S.C., Stewart, C.N. The Potential of Systems Biology to Discover Antibacterial Mechanisms of Plant Phenolics, Front. Microbiol, 8, 422, 2017.

[8] Erbil, N., Arslan, M., Murathan, Z.T. *et al.* Some Biological Effects of the Fruits and Leaves of Different Apple Cultivars, Including Red-Fleshed Apples, Grown in a Microclimatic Region of Turkey: Part I, Erwerbs-Obstbau, 62, 399–410, 2020. https://doi.org/10.1007/s10341-020-00527-5

[9] Xu C., Yagiz Y., Hsu WY., Simonne A., Lu J., Marshall MR. Antioxidant, antibacterial, and antibiofilm properties of polyphenols from Muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) pomace against selected foodborne pathogens, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(28), 6640–6649, 2014.

[10] Najmi, A., Javed, S.A., Al Bratty, M., Alhazmi, H.A. Modern Approaches in the Discovery and Development of Plant-Based Natural Products and Their Analogues as Potential Therapeutic Agents, Molecules, 27, 349, 2022.

[11] Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsigalou, C., Bezirtzoglou, E. Towards advances in medicinal plant antimicrobial activity: A review study on challenges and future perspectives, Microorganisms, 9, 2041, 2021.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[12] Murathan, ZT, Sevindik, E., Arslan, M. *et al.* Genetic Diversity and Biological Characteristics of Grape Variety (*Vitis vinifera*) Leaves, Applied Fruit Science, 67, 380, 2025. https://doi.org/10.1007/s10341-025-01591-5

[13] Barbarossa, A., Rosato, A., Tardugno, R., Carrieri, A., Corbo, F., Limongelli, F., Fumarola, L., Fracchiolla, G., Carocci, A. Antibiofilm Effects of Plant Extracts Against *Staphylococcus aureus*, Microorganisms, 13, 454, 2025. https://doi.org/10.3390/microorganisms13020454

[14] Singh, S., Bhatia, S., Prasad, S.B. In silico identification of polyphenolic compounds from the grape fruit as quorum sensing inhibitors, J Chem Pharm Res, 8, 411–419, 2016.

[15] Ali, S.G., Jalal, M., Ahmad, H., Sharma, D., Ahmad, A., Umar, K., Khan, H.M. Green synthesis of silver nanoparticles from *Camellia sinensis* L. and its antimicrobial and effect against clinical isolates, Materials, 15, 6978, 2022.

[16] Sateriale, D., Forgione, G., Di Rosario, M., Pagliuca, C., Colicchio, R., Salvatore, P., Paolucci, M., Pagliarulo, C. Vine-Winery Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens, Microorganisms, 12, 437, 2024. https://doi.org/10.3390/microorganisms12030437

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF NEW AZABENZIMIDAZOLE DERIVATIVE COMPOUNDS

Doç. Dr. GÜLAY AKYÜZ

Recep Tayyip Erdogan University, gulay.akyuz@erdogan.edu.tr- 0000-0002-4452-7387

Azabenzimidazoles are considered biologically significant compounds due to their structural similarity to purine and pyrimidine bases. In recent years, this class of compounds has gained considerable attention in pharmaceutical research; their biological activities have been extensively investigated in various studies, and their effectiveness has been scientifically demonstrated. Owing to their broad spectrum of biological activities and presence in the structure of some drugs, they are among the most frequently synthesized compounds today.
In this study, azabenzimidazole derivatives were synthesized using 2,3-diamino-5-chloropyridine as the starting compound, which was reacted with imino esters bearing 3F, 3Cl, and 3Br substituents. The structural confirmation of the synthesized derivatives was carried out using IR spectroscopy, proton nuclear magnetic resonance (^{1}H-NMR), and carbon-13 nuclear magnetic resonance (^{13}C-NMR) techniques. The inhibitory properties of these newly synthesized compounds against various enzymes were also investigated.

Keywords: Azabenzimidazoles, iminoesters, inhibition

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SAVUNMA TEKNOLOJİLERİNDE MÜHİMMAT SINIFLANDIRMA YAKLAŞIMLARI

Prof.Dr. Mustafa BOZDEMİR
Kırıkkale Üniversitesi, mustafabozdemir@kku.edu.tr - ORCID ID0000-0002-9332-2054

ÖZET

Ateşli silahlar, sevk barutunun kimyasal enerjisini kullanarak, oluşan yanma sonucu mekanik enerjiye çevirip bir mühimmatı yüksek hızla fırlatan cihazlardır. Ateşli silahların önemli bir parçası olarak mühimmatlar vazgeçilmez savunma aracıdır. Mühimmat, diğer isimleriyle cephane veya fişek olarak da bilinmektedir. Bir silah sisteminin hedefe zarar vermek, etkili menzil sağlamak veya görevini yerine getirmek üzere tasarlanmış her türlü patlayıcı ve taşıyıcı parçayı ifade etmektedir. Mühimmat sınıflandırması; kullanım yerleri ve çeşitliği nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Mühimmatlar; işlevleri, yapıları, taşıyıcı platformları ve kullanım biçimleri gibi farklı kriterlere göre çeşitli sınıflamalara tabi tutulabilir. İlk sınıflama ölçütü olarak amaç veya görev bazlı ayrım ele alınabilir. Bu çerçevede mühimmat; hedef yok etme amacı taşıyan saldırı mühimmatları, belirli alanları engellemek veya caydırmak için kullanılan savunma amaçlı mühimmatlar, küçük kalibreli silahlarda kullanılan nişancı mühimmatları ve eğitim/alıştırma amaçlı, düşük etkili düzenekler olarak kategorize edilir.

İkinci önemli sınıflama, mühimmatın etki veya savaş başlığı tipine göredir. Burada yüksek patlayıcı (HE) başlıklar büyük patlama enerjisi sağlarken; parçalanma veya şarapnel başlıklar anti-personel etkisi yaratmak üzere hedefe metal parçalar saçar. Üçüncü olarak mühimmat kılavuzlama yeteneğine göre sınıflanır: kılavuzsuz (unguided) mühimmatlar serbest bırakılır veya atılır ve yörüngesi aerodinamik/ballistik özelliklere dayanır. Kılavuzlu olanlarda ise güdüm sistemi bulunmaktadır. Dördüncü ölçüt taşıyıcı platformdur. Mühimmat kara platformlarında (tank top mermileri, tanksavar mühimmatları), hava platformlarında (uçak bombaları, havadan atılan güdümlü mühimmatlar), deniz platformlarında (torpidolar, deniz mayınları) ya da roket/fırlatma sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanabilir. Platforma göre mühimmatın fiziksel boyutları, başlık tipleri ve sevkiyat/depolama koşulları farklılaşır. Bu çalışmada, ateşli silah sistemlerinde kullanılan mühimmat yapıları tanıtılarak, sınıflandırılmada kullanılan genel sistem ve karmaşıklığı azaltacak ilişki yapısı tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler : Ateşli silah, mühimmat sistemi, mühimmat sınıflama.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

Savunma sanayii, gelişen teknolojilerle birlikte balistik füzelerden akıllı mühimmatlara ve manyetik fırlatıcılara kadar hızlı bir dönüşüm geçiriyor. Modern simülasyon yazılımları, iç balistik ve ateşleme parametrelerini bilgisayar ortamında modelleyerek ürün geliştirme süreçlerini hızlandırıp maliyetleri düşürmektedir [1,2]. Bilgisayar tabanlı modelleme ve simülasyonlar, barut teknolojisinin silah üzerindeki etkilerini nicel olarak değerlendirmeyi mümkün kılarak tasarım ve test süreçlerini iyileştirir [3].

Barut, tarih boyunca pek çok kültürün ilgisini çekmiş ve özellikle 12. yüzyılda Endülüs'te kullanılan kolay tutuşan tozlar üzerinden Müslüman tüccarların bu maddeleri Çin'e taşıdığı öne sürülmüştür. 1776'da yapılan çeviriler ise Hindistan'da barut bilgisinin çok eskiye dayandığını göstermiştir [4].

Kara barutun yol açtığı yoğun duman sorunu, nitroselüloz bazlı dumansız barutun geliştirilmesiyle büyük ölçüde giderilmiştir. Dumansız barutun 19. yüzyıldaki askerî ve sivil kullanımı, kısa namlulu silahların ve modern mühimmatın yaygınlaşmasını hızlandırmıştır [5]. Sevk barutları, mühimmat performansını belirleyen kritik parametrelerdir ve sürekli geliştirme gerektirir. Bazı çalışmalarda, NATO mermisinin namlu içi hızları ve iç basınç verileri grafiksel olarak incelenerek silindirik ve küresel barut türlerinin üretim süreçleri ile namlu ömrüne etkileri karşılaştırılmıştır.

Sevk barutları ateşli silah mühimmatının ilk hızını sağlayan enerji kaynağıdır. Sevk barutu bileşimleri kimyasal enerjiyi yanma yoluyla sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Barut yanma hızıyla ve oluşturduğu basınç birbirine bağlıdır. Barut miktarı ve türü değiştikçe namlu içi basınç profili ve mermi performansı da değişmektedir.

2. BALİSTİK BİLİMİ VE MÜHİMMAT

"Balistik" sözcüğü Fransızca *balistique* kelimesinden gelir. Genel anlamıyla atılmış bir merminin hareketini inceleyen bilim dalıdır; merminin silah içindeki ve dışındaki hareketini ile hedef üzerindeki etkilerini ele alır. Balistik bilimi, barut kullanımının başlamasıyla ortaya çıkmıştır [6]. 1742'de Benjamin Robins balistik sarkaç (ballistic pendulum) icat etmiş ve bu düzenekle silahların namlu ağzı çıkış hızlarını tespit etmiştir. "New Principles of Gunnery" (Yeni Atış Tekniği Prensipleri) adlı eserinde iç balistiğin temel problemlerini incelemiş ve basınç değerlerinden namlu çıkış hızlarını hesaplamıştır. 1792'de Amerikalı bilim insanı Benjamin Thompson (Count Rumford), deneysel olarak barut gazının basıncını ölçmüş ve deney sonuçlarından gaz basıncı ile gaz yoğunluğu arasında bir ilişki olduğunu tespit etmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Rumford'un çalışmalarında, barut tam olarak yandıktan sonra merminin harekete geçtiği kabul edilerek 18. yüzyıl sonlarında basınç değişimi ile atış mesafesindeki değişim hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda elde edilen namlu ağzı çıkış hızı değerleri, mühimmat uçuş yörüngesinin hesaplanması sonucunda deneysel verilerle karşılaştırılmıştır [7].

Balistik, merminin ateşleme anından hedefle etkileşimine kadar geçen tüm fiziksel süreçleri kapsar; bu süreçler içinde gaz dinamiği, ısıl-kimyasal dönüşümler, rijit ve gözenekli yapı etkileşimleri ile aerodinamik davranış bir arada değerlendirilir. İç balistik, ateşlemenin başlaması ile merminin namluyu terk ettiği an arasındaki fiziksel süreçlerin bütünüdür ve amacı mermiye hedeflenen başlangıç hızı ile stabil çıkış koşullarını sağlamaktır. Bu süreçte ateşlemenin başlamasıyla kapsül veya kıvılcım etkisiyle alev önünün oluşması ve barut yatağı boyunca yayılması, geçiş fazı olarak adlandırılan basınç dalgalarının oluşumu, daha sonra barutun büyük kısmının yandığı faz ve son olarak merminin namluyu terk ederken ortaya çıkan çıkış koşulları (hız, açısal hız, gaz kaçağı gibi) gözlenir [8].

İç balistiği etkileyen başlıca parametreler arasında sevk barutunun tane geometrisi (küresel, silindirik vb.) ve yanma karakteristiği ile kimyasal bileşimi; namlu geometrisi ve yüzey özellikleri (iç çap, namlu uzunluğu, rifling, yüzey sürtünmesi); başlık/mermi kütlesi ve şekli; ayrıca başlangıç sıcaklığı, atmosferik koşullar ve mühimmat montaj toleransları yer alır [9].

Dış balistik, merminin namluyu terk etmesinden hedefe çarpana kadar geçen süre içindeki yörünge, rotasyon ve stabilize olma süreçleri ile çevresel etkileşimleri inceler. Burada aerodinamik sürükleme (drag), yerçekimi, rüzgâr ve atmosferik değişimler, merminin dönmesi varsa Magnus etkisi ve gyroskopik stabilite gibi faktörler belirleyicidir; uzun atış mesafelerinde Coriolis etkisi gibi coğrafi etkiler de göz önünde bulundurulur. Önemli kavramlar arasında merminin aerodinamik performansını özetleyen balistik katsayı (ballistic coefficient) yer alır; yörünge çözümü genellikle nümerik entegrasyon ile yapılır ve hava yoğunluğu, sıcaklık profilleri ile rüzgâr girdileri kullanılır.

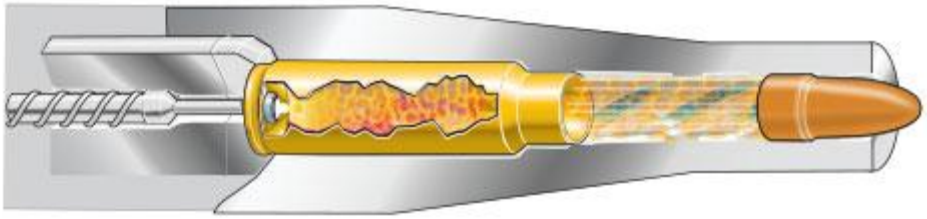
1857' de Amerikalı General Rodman tarafından barut gazı basıncını basınç mastarları kullanarak ölçmeyi başarmıştır. Kama tarafına açılan bir çentiğe bakır veya kurşun doldurulduktan sonra, ateşleme yapılıyor ve gaz basıncının etkisi ile ezilen bakır veya kurşunun ezilme miktarından maksimum gaz basınç kuvvetini hesaplamıştır. Aynı zamanda bu deney ile kapalı kap içindeki basınç, yoğunluk ilişkisini de ortaya çıkarmıştır [10].

Deneysel ve ölçüm yaklaşımlarında genelde namlu ağzı hızı, namlu içi basınç profilinin zaman serileri ve yörünge/hedef etkisine dair gözlemler ölçülür; bu ölçümler performans değerlendirmesinde ve model kalibrasyonunda kullanılır. Veri analizi hız ve basınç zaman

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

serilerinden türetilen ivme, enerji ve basınç eğilimlerinin yorumlanmasını; istatistiksel karşılaştırmalar ve hassasiyet analizlerini kapsar.

Katı barutun reaksiyon hücresinde yanması, baruttaki kimyevi enerjiyi ısı enerjisine çevirir. Bu esnada meydana gelen sıcak gazlar genişleyerek mermiyi büyük bir hızla sevk eder [11]. Şekil 1 ‘ de merminin namlu içerisinde hareketinin başlama anı görülmektedir.



Şekil 1. Merminin namlu içindeki hareketi

Barutun patlaması sonucu 2800 °C’ı aşabilen sıcaklıklar ve ilk hacmine kıyasla 1300 kata kadar genleşen bir gaz kütlesi oluşur. Bu kısa sürede namlu içinde meydana gelen ve santimetrekare başına 2000–3000 kg’a varabilen yüksek basıncın büyük bir kısmı mermiyi ileri doğru iter; mermi burada setlere sürtünüp kendi ekseni etrafında dönerek büyük bir hızla namluyu terk eder. Enerjinin kalan kısmının bir bölümü “geri tepme” olarak ateşleyene aktarılırken, bir kısmı da yarı otomatik sistemlerde silahın bir sonraki atış için kurulması ve doldurulmasında harcanır. Çizelge 1’de hafif silah fişeği için barut enerjisinin ateşleme sonrasında diğer enerji bileşenlerine dağılımı gösterilmektedir[12].

Çizelge 1. Ateşli silahlarda barutun yanma enerjisinin dağılımı

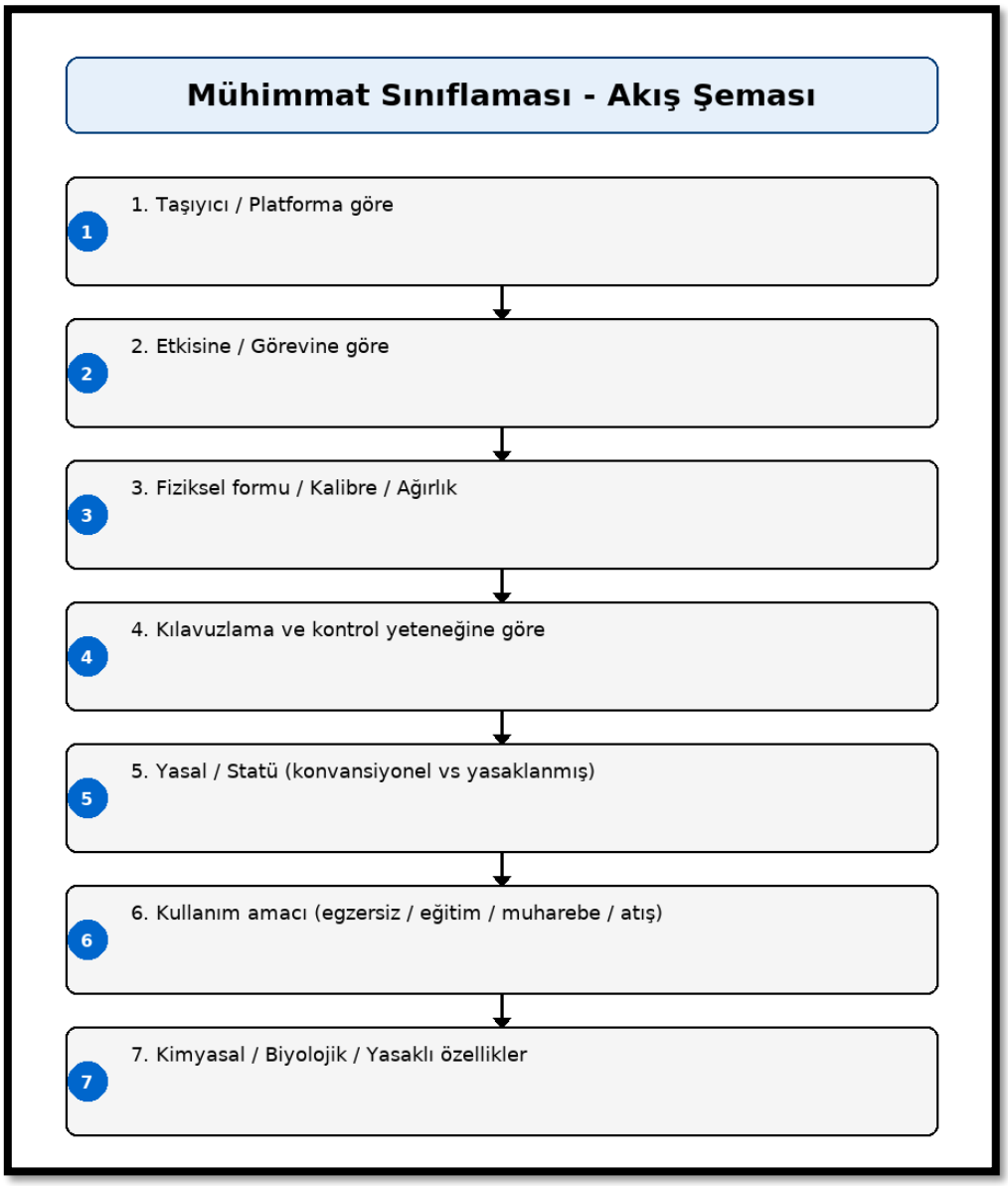
SIRA	ENERJİ DAĞILIMI	%
1	Merminin hareketine harcanan	32
2	Sürtünmeye harcanan	2
3	İtici gaz hareketine harcanan	3
4	Namlu ve mermiyi ısıtan	20
5	Merminin dönmesi ve geri tepme	1
6	Gazlara aktarılan ısı	42
Toplam		**100**

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3. MÜHİMMAT SINIFLANDIRMA

Mühimmat, ateşli silahlar, topçu sistemleri, roketler, havacılık ve deniz sistemleri tarafından kullanılan harcanabilir savaş malzemelerinin genel adıdır. Basitçe söylemek gerekirse; hedefe doğrudan zarar veren (mermi, bomba, top mermisi vb.) veya hedefe ulaşmasını sağlayan (ateşleme, itici gaz, kovan, fitil vb.) öğeler bütünüdür. Mühimmat terimi hem tek tek mühimmat birimlerini (ör. 7,62×51 mm fişek) hem de lojistik, depolama ve bakım süreçlerini kapsayan daha geniş bir tedarik-süreç dizisini ifade eder.

Mühimmatlar çok geniş bir çeşit ve kullanım aralığına sahiptir. Tek bir başlık altında sınıflama yapılmaya uygun değildir. Bu nedenle öncelikle hangi amaca göre sınıflama yapılacağı belirlenmelidir. Şekil 2' de genel sınıflandırma yapısı görülmektedir.

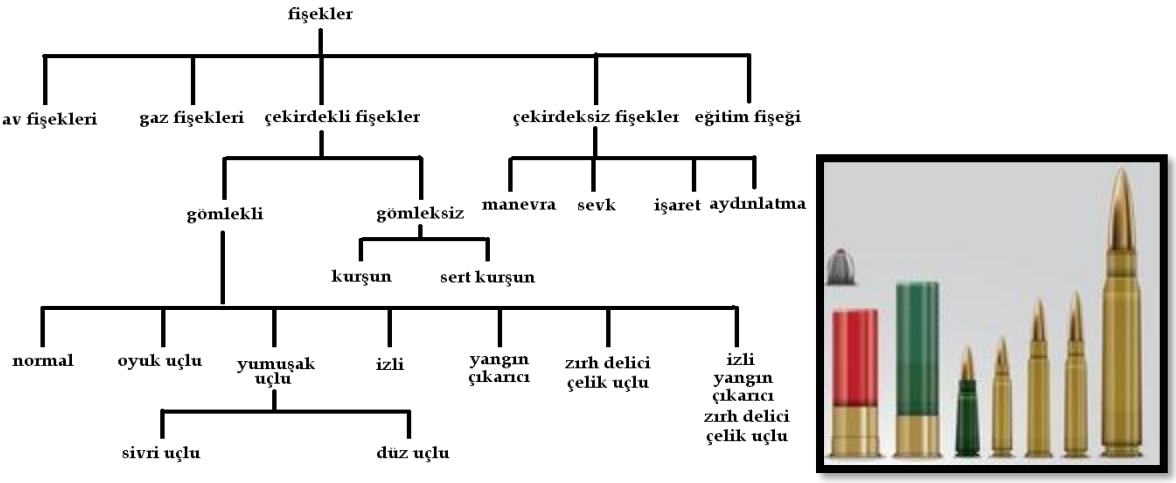


Şekil 2. Mühimmat genel sınıflandırma şeması

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Platformlarına göre yapılan sınıflandırma için, hafif silah, ağır silah, roket, füze, havacılık ve deniz gibi silah platformları ve mühimmat yapıları için aşağıda detaylı bilgi verilmiştir.

3.1.Hafif Silah Mühimmatı: Tabanca, tüfek, hafif makineli gibi kişisel ve hafif silahların kullandığı fişeklerdir. Örnek: 9×19 mm, 5.56×45 mm, 7.62×51 mm. Şekil 3'de hafif silah mühimmatlarının sınıflandırılması ve türlerine ait bazı modeller gösterilmiştir.



Şekil 3. Hafif silah fişek türleri ve bazı modelleri

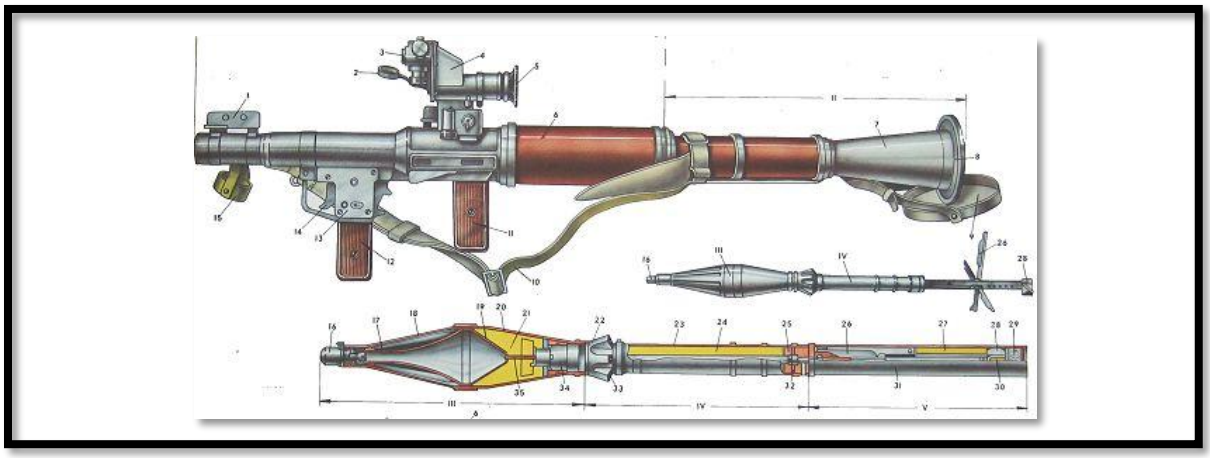
3.2.Ağır Silah Mühimmatı: Sahra topları, obüsler, kendinden tahrikli toplar için mermiler; genellikle tonaj ve kalibreye göre kategorize edilir (ör. 105 mm, 155 mm). Şekil 4'de ağır silah mühimmatı örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 4. Ağır silah mühimmat türleri

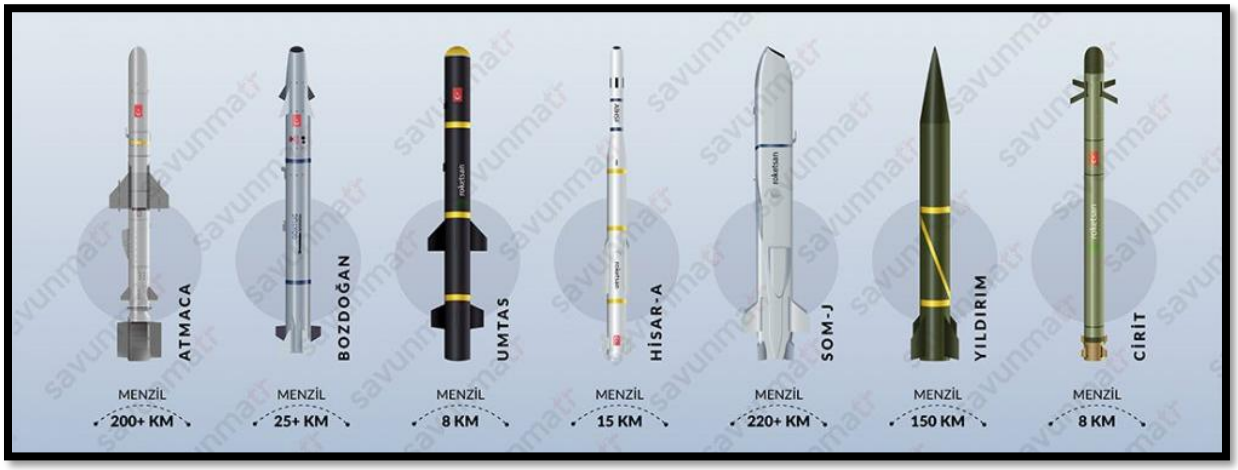
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3.3.Roket Ve Roketatar Mühimmatı**:** Roket: İçinde taşıdığı yakıt/oksitleyiciyle itki üreten kendi itmesiyle seyreden bir mermi/silah başlığıdır. Roketler genelde motorlu, kendi itki sistemi olan, farklı menzil ve hedef profillerine göre tasarlanmış mühimmatlardır. Şekil 5'de bir RPG roketi ve silahı gösterilmiştir.



Şekil 5. Roket mühimmatı ve silahı

3.4.Füze Ve Güdümlü Mühimmat: Füze, kendi içinde yönlendirme ve itki sistemleri bulunan, hedefe doğru aktif bir şekilde yönlendirilebilen, taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra kendi uçuş profilini sürdürebilen mühimmat türüdür. Kısa-orta-uzun menzilli füzeler, seyir füzeleri, balistik füzeler; bunlar genelde güdüm sistemleri içerir. Şekil 6'da bazı yerli üretim füze sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 6. Yerli füze sistemlerine bazı örnekler

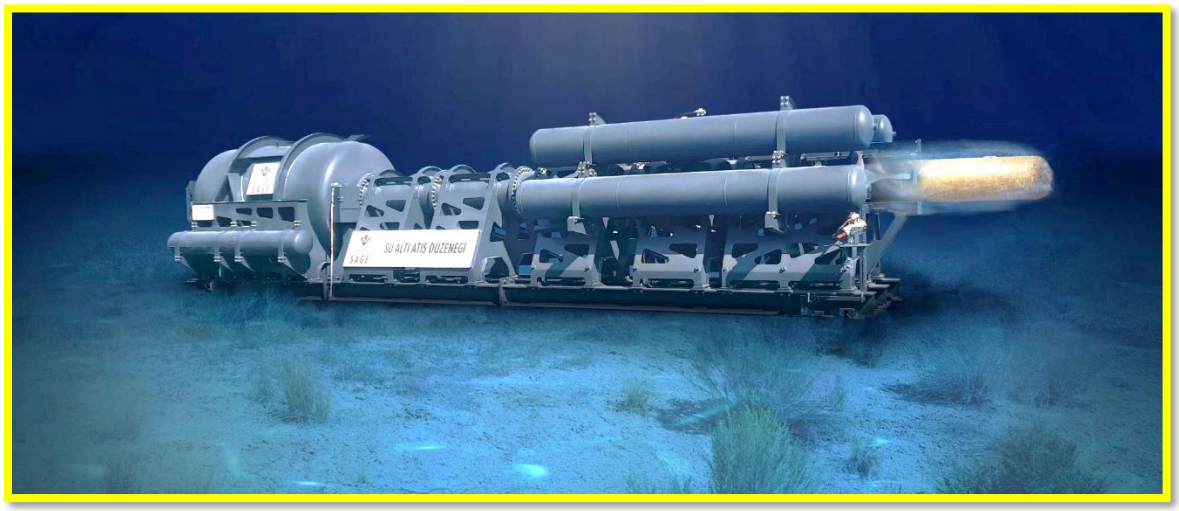
3.5.Havacılık Mühimmatı: Havacılık mühimmatı, hava platformlarından (sabit kanatlı uçaklar, helikopterler, SİHA) atılmak veya bırakılmak üzere tasarlanan mühimmatların toplamıdır. Amaçları; hedefleri etkisiz hale getirmek, keşif/destek sağlamak ya da hava-hava ve hava-yüzey görevlerini icra etmektir. Şekil 7'de havacılık mühimmatları gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Şekil 7. Uçak bombası örneği

3.6.Deniz Mühimmatları: Deniz mühimmatları; deniz platformlarından atılmak veya denizde konuşlandırılmak üzere tasarlanmış mühimmatların tümünü kapsar. Görevleri; deniz üstünlüğü sağlamak, deniz/şekil hedeflerini yok etmek/engellemek, denizaltı tehdidini bertaraf etmek ve kıyı/donanma savunması gibi çok çeşitli roller içerir. Torpidolar, deniz topu mühimmatı, denizaltı ve gemi karşıtı füzeler. Şekil 8'de deniz torpido mühimmatları gösterilmiştir.



Şekil 8. Deniz torpido mühimmatı

İkinci önemli bir sınıflama türü olarak ise, etki / görev türüne göre sınıflandırma gösterilebilir. Etki ve görev türü kara, deniz, hava mühimmatlarının hepsi için uygulanabilir olup operasyon türüne göre seçilmektedir. Bunlar:

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

- **Yüksek infilâk** (High Explosive — HE): Büyük patlayıcı etki, genelde binalara, piyadeye ve hafif zırhlı hedeflere zarar verir.
- **Parça Tesirli** (Fragmentation — FRAG): Patlama sonucu etrafa saçılan parçalar ile geniş alan etkisi sağlar; anti-personel amaçlı.
- **Zırh delici** (Armor-Piercing — AP / APCR / APDS / APFSDS): Zırhı delmek üzere tasarlanmış çekirdek veya sabot teknolojileri.
- **Termobarik**: Kapalı alanlardaki patlama basıncı ve yüksek sıcaklık etkisiyle hasar oluşturur.
- **Yangın/ yanıcı** (Incendiary): Ateş başlatmak için tasarlanmış (ör. napalm benzeri içerikler).
- **Sis/Duman (Smoke)**: Görüşü engellemek veya işaretleme amacıyla.
- **Aydınlatma** (Illumination): Gece aydınlatması için.
- **Eğitim / alıştırma mühimmatı** (Practice / Inert): Gerçek harp ortamını taklit eder ama savaş başlığı içermez.

Çizelge 2'de mühimmat sistemlerinin etki ve görevlerini temsil etmekte kullanılan renk kodları ve markalama işaretlerinin anlamları gösterilmiştir. Bu renklerle boyanan ve markalanan mühimmatlar tüm müttefik askeri kuvvetler tarafından aynı şekilde tanınır.

Çizelge 2. Mühimmatta kullanılan bazı renk kodları

MÜHİMMAT CİNSİ	GÖVDE RENGİ	MARKALAMA RENGİ	BANT SAYISI VE RENGİ
Yüksek infilaklı (20 mm hariç)	Zeytuni	Sarı	
Yüksek infilaklı 20 mmlik	Sarı	Siyah	
Yüksek infilaklı bomba	Zeytuni	Sarı	1 ad. Sarı bant
Yük.İnf. Tanksavar HEAT	Siyah	Sarı	
Yük. İnf. Yangın HEI	Sarı	Kırmızı veya siyah	1 ad.Kırmızı bant
Plastik infilak maddeli HEP	Zeytuni	Sarı	1 ad. Siyah bant
A/P ve A/T mayınlar	zeytuni	Sarı	
Kanister, misketli	zeytuni	Beyaz	
Kanister, İğneli	Zeytuni	Beyaz	1 sarı veya kahve bant, beyaz eşkenar dörtgen
Aydınlatma Terkipsiz	Zeytuni	Beyaz	1 ad. Beyaz bant
Ayd. Yarı Terkipli ve terkipli	Beyaz	Siyah	
Zırh Delici, AP	Siyah	Beyaz	
Zırh Delici, Paralama Hakkı	Siyah	Sarı	1 ad. Sarı
Zırh Delici, yangın API	Siyah	Beyaz	1 ad. Açık kırmızı
yangın	Açık Kırmızı	Siyah	
Sis WP, Beyaz Fosforlu	Açık yeşil	Açık Kırmızı	1 Ad. Sarı (paralama hakkı ise)
Sis ve Diğerleri	Açık Yeşil	Siyah	
Kimyasal, kalıcı zehirli gaz	Gri	Yeşil	2 ad. Yeşil 1 ad. Sarı (patlayıcılılarda)
Kimyasal, kalıcı olmayan zehirli gaz	Gri	Yeşil	1 Ad. Yeşil 1 ad. Sarı bant
Kimyasal kalıcı, yakıcı gaz	Gri	Kırmızı	2 ad. Kırmızı, 1 ad. Sarı

4. SONUÇ

Bu çalışmada, ateşli silah sistemlerinde kullanılan mühimmat yapıları tanıtılarak, sınıflandırılmada kullanılan genel sistem ve karmaşıklığı azaltacak ilişki yapısı tartışılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

İlk sınıflama ölçütü olarak platform bazlı ayrım ele alınarak; hedef yok etme amacı taşıyan saldırı mühimmatları, belirli alanları engellemek veya caydırmak için kullanılan savunma amaçlı mühimmatlar, küçük kalibreli silahlarda kullanılan nişancı mühimmatları ve eğitim/alıştırma amaçlı, düşük etkili düzenekler olarak kategorize edilmiştir.

İkinci önemli bir sınıflama türü olarak ise, etki/görev türüne göre sınıflandırma. Burada yüksek patlayıcı (HE) başlıklar büyük patlama enerjisi sağlarken; parçalanma veya şarapnel başlıklar anti-personel etkisi yaratmak üzere hedefe metal parçalar saçar. Mühimmat türlerinin çok çeşitli olması, kullanma yerlerinin farklı olması ve fonksiyonlarındaki karmaşıklıktan dolayı renk kodları ve markalama yapılması faydalı olmuştur. Geliştirilen bu renk kodları aynı müttefik ülkeler arasında ortak kullanılmaktadır. Bu sayede daha kolay bir sınıflama sağlanabilmektedir.

KAYNAKLAR

1.Woodley, P. Carriere, J. Franco, X. Nussbaum, Chabaux ve B. Longuet, Comparison of Internal Ballistics Simulations of 40 mm Gun Firings, 23rd International Symposium on Ballistics, Tarragona, 2007.

2. J. Jang, H. G. Sung, T. S. Roh ve D. W. Choi, Numerical analysis of interior ballistics through eulerian-lagrangian approach, Journal of Mechanical Science and Technology, cilt 8, no. 27, pp. 2351-2357, 2013.

3. Vinti, J. P., Tables For The Pidduck-Kent Special Solution For The Motion Of The Powder Gas In A Gun. BRL, Report no 693,p 51, Sidney., 1949.

4. Tanrıseven S., Hafif Silahlı Atış Teknikleri ve Atış Yönetimi, Kara Harp Okulu Basımevi. Ankara,1-5,10-29, 2000.

5. Ataç H., Silahlı Kuvvetlerdeki Hafif Ateşli Silah Kazalarının Nedenleri Ve Önleme Yollarının Araştırılması Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006

6. Çelikel A, Balcı Y, Üner B, Bal C., Av tüfeği namlu uzunluğunun saçma dağılımına etkisi ve atış mesafesinin belirlenmesinde önemi, Adli tıp, 26(2): 115-123, 2012.

7. Özer, G., Dış Balistik Analizinde İzdüşüm Alanı etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans, 2008.

8. Akçay M., Balistik, Ankara, 2010

9. Krier H. and Summerfield M., Interior ballistics of guns, Prog.Astronout. Aeronaut, 1979.

10. HMSO, International Ballistics, HMSO, London, 1951

11.Nalbant, İ., Barut Fabrikası El Kitabı 1, Av Tüfeği Saçma Dağılımı 4.bölüm, MKEK, 1997.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

12.. Farrar C.L. and Leeming D.W., Military Ballistics: A Basic Manual, Brassey's Publishers, 1983.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

HEDEF BALİSTİĞİ ANALİZİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEM KULLANIMI

Prof.Dr.Mustafa BOZDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi, mustafabozdemir@kku.edu.tr - ORCID ID0000-0002-9332-2054

ÖZET

Balistik bilimi, mühimmatın fırlatıldığı andan hedefe ulaşıncaya kadar geçen süreçte izlediği yolun incelenmesiyle ilgilidir. Üç ana alt dalı vardır. İç balistik, ateşleme anındaki barut gazlarının ve namlu içindeki merminin davranışı inceler. Orta/ dış balistik, merminin namludan çıktıktan sonraki uçuşu, aerodinamik etkileşimler, sürüklenme ve rüzgâr etkileri bu aşamada incelenir. Üçüncü tür balistik inceleme ise hedef/terminal balistik olarak adlandırılır. Merminin hedefle etkileşimi, enerji transferi ve hasar mekanizmaları bu gurupta incelenmektedir.

Hedef balistiği, mühimmatın hedefe çarpma anındaki hareket, hız, açı ve enerji özelliklerini analiz edebilir. Bu alanda elde edilen verilerin doğruluğu hem savunma sanayiinde hem de kriminal balistik çalışmalarında kritik öneme sahiptir. Hem askeri mühendislikte hem de adli tıpta önemli uygulamaları bulunmaktadır. Mühendisler doğruluk ve menzili artırmak için tasarım ve testler yaparken, adli balistik ise suç soruşturmalarında silah-mermi eşleştirmesi ve atış açıları gibi kanıtları yorumlamaktadır. Silah sistemlerinin hedef atışlarındaki ortalama isabet noktasının nişan noktasına ne kadar yakın olduğu doğruluk kavramıyla ilgilidir. Doğru atış hedefin ne kadar yakın vurulduğunu ilgilendirmektedir. Kararlılık kavramı ise, aynı koşullar altında yapılan atışların birbirine ne kadar yakın olduğunu inceler. Kararlılık bir grup dağılımı, atışlar arasındaki değişimi incelemektedir. Silah sistemlerinde doğruluk ve kararlılık ölçümü bir askeri mühendislik isteği olduğu gibi spor müsabakalarında ölçüm doğruluğu hesabı içinde kullanılabilir. Askeri silahların aynı şartlarda yapılan atışlarında, aynı yere mümkün olan en az sapmayla vuruş yapılmasını hedeflemektedir. Oluşan sapmanın silah hata aralığında olması tercih edilir. Bu nedenle hedef balistiği istatistiksel yöntemlerin kullanılmasını gerektirir. İstatistiksel yöntemler, belirsizliklerin modellenmesi, hata paylarının belirlenmesi ve tahmin gücünün artırılmasında etkin bir araç olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, hedef balistiğinde uygulanan istatistiksel analiz yöntemleri ele alınarak, örnek uygulamalar üzerinden doğruluk ve kararlılık analizi düzeyleri istatistiksel yöntemlerle incelenecektir.

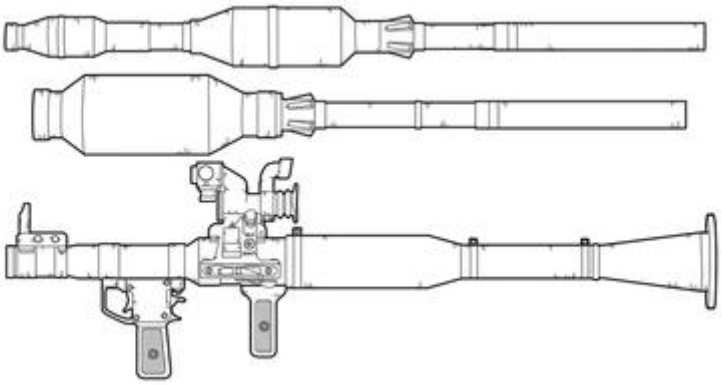
Anahtar Kelimeler : Balistik bilimi, hedef balistiği, Doğruluk-kararlılık analizi.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

Savunma harcamaları düzeyinin optimum bir şekilde belirlenmesi ülkeler için büyük önem taşır[1]. Ülkemizin bütçesinin büyük bir kısmının savunma sanayine ayırması bu alanın önemini göstermektedir. Bu yüzden yeni geliştirilecek ürünlerin bütçelerini verimli kullanma gereği ortaya çıkmaktadır [2]. Savunma sanayinde millilik kavramı çok önemlidir. Ülkemiz bu alanda yerli yazılımlara, yerli üretimlere ihtiyaç duymaktadır. Bu alanda çeşitli kurumlar ve firmalar çalışmaktadır. Savunma sanayinin gücü ülkelerin teknolojik düzeyi ile doğru orantılıdır. O halde amacımız ülkenin teknolojik düzeyini yükseltmek olmalıdır[3]. Savunma sanayindeki gelişmeler ülkeler açısından çok gerekli ve gizli yürütülen faaliyetlerdir. Yapılan çalışmalar son derece gizli yürütülmektedir. Bu alanlarda yayınlanmış kitap, dergi, makaleler son derece sınırlıdır. Yayınlanmış olanlar ise genellikle eski teknolojilerdir. Silah sistemlerinde güvenilirlik ve kullanılabilirlik son derece önemlidir [4].

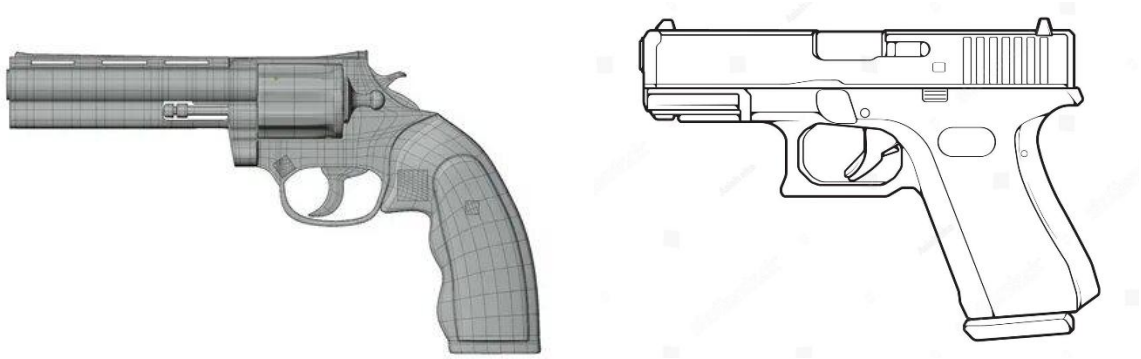
Uzaktan ya da yakından canlıları öldürebilen, yaralayan, etkisiz bırakan, canlı organizmaları hasta eden, cansızları parçalayan, yok eden araç ve aletlerin tümüne silah denir. Mermiye, ateşlenen barut gazıyla itici güç vererek hedefe ulaştırmaya yarayan aletlere ateşli silah denir[5]. Başka bir tanıma göre; mekanik bir kuvvetle içerisinde bulunan sert cisimleri belirli mesafelere kadar ulaştıran ve orada da bu sert cismin etkisiyle tahribat yaratan aletlere ateşli silah denir. Bu iki tanıma göre ateşli silah; özel şekil ve niteliği bulunan mermiyi barut gazı basıncı ile uzak mesafelere atabilen aletler olarak tanımlanır. Çeşitli vasıtalar yardımıyla veya birden fazla kişi tarafından kullanılan ağır ve tahrip gücü yüksek olan, namlu çapı 60 kalibreden (0,6 inç veya 15 mm) büyük olan uzun menzilli silahlardır [6]. Uçaksavar, havan, top, tank ve roket örnek olarak sayılabilir. Şekil 1’ de bir tür roketatar ve elemanları gösterilmiştir.



Şekil 1. RPG 7 roketatar

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Hafif silahlar bireysel kullanılabilen tahrip gücü daha düşük olan silahlardır. Çalışma prensipleri, elle ilk başta kurulan bir mekanizma bir mermiyi fişek yatağına alır ve ardından tetiğe basıldığında horoz veya iğne fişeğe çarpar ve fişeğin içindeki barut ateşlenir. Barutun oluşturduğu basınçla çekirdek namlu içerisindeki yivler ve setler sayesinde dönerek çıkar ve hedefe gider[7]. Tabanca, tüfek örnek olarak sayılabilir. Toplu tabancalar, topun yana açılması, toptan dolma ve namluların üsten kırılması gibi türleri olan tabancalardır. Silindirleri 5, 6, 7 ve daha fazla olabilecek şekilde tasarlanabilirler. Otomatik tabancalara göre daha hassas ve istikrarlı atışlar yapabilirler. Emniyet sistemleri yoktur[8]. Şekil 2' de toplu ve otomatik tabanca gösterilmiştir.



Şekil 2. Toplu Tabanca ve Otomatik tabanca

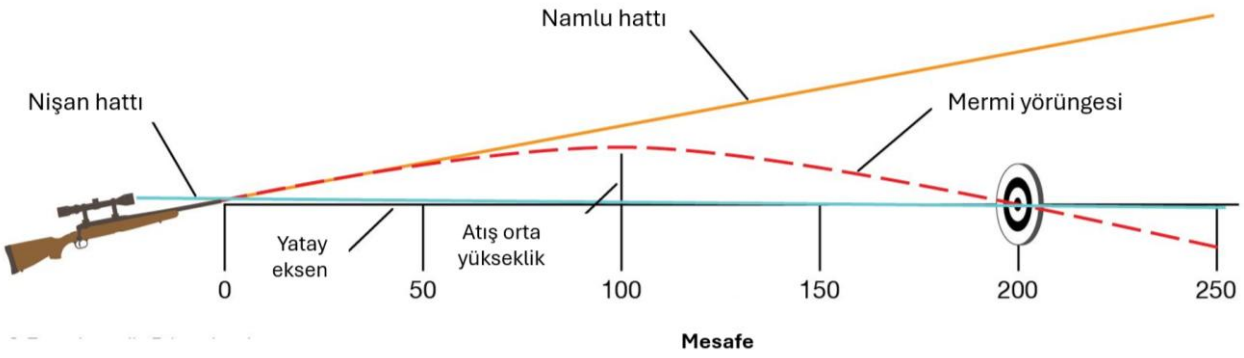
Otomatik tabancalar ilk dolduruş atıcı tarafından yapıldıktan sonra, tetik çekimiyle ateş eden ani geri tepmeli olarak çalışan, kendi kendine mermi yatağına mermi süren ve boş kovanı dışarı atan otomatik yapılı tabancalardır. Yarı ve tam otomatik olmak üzere iki çeşittir [8].

2.BALİSTİK

Balistik Yunanca *ballo* (fırlatmak) sözcüğünden türemiştir bir bilim dalıdır. Ateşli silahlardan atılan mühimmatın davranışını hem teorik hem de deneysel olarak analiz etmeye yönelik yöntemleri ortaya koymaktadır. İç balistik, dış balistik ve hedef balistiği olarak üç ana bölümde incelenebilir. Her biri merminin farklı hareket evrelerini inceler. İç Balistik, merminin namlu içinde geçirdiği sürede barut gazı basıncı, sıcaklık ve hız değişimleri üzerinde durmaktadır. Dış Balistik, merminin havadaki hareketini, aerodinamik direnç, rüzgâr etkisi ve dönü momenti gibi faktörlerle analiz edebilir. Hedef Balistiği, merminin hedefe çarpma anındaki enerji aktarımı ve deformasyon süreçlerini incelemektedir. Bu alan özellikle adli balistikte önem taşımaktadır.

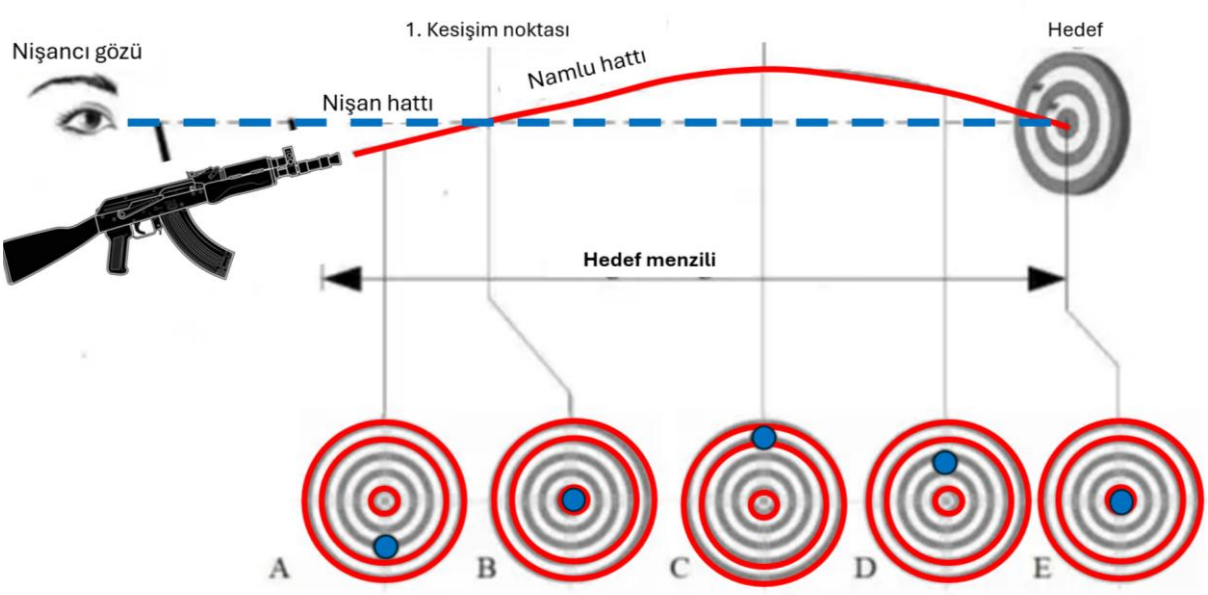
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Balistik analizler yalnızca askerî araştırmalarla sınırlı değildir. Kriminal balistik, suç mahallerinde bulunan mermi çekirdeklerinin hangi silahtan çıktığını tespit edilebilir. Şekil 3'de dış balistik ve hedef balistiği arasında ilişki anlatılmıştır. Hedef hattı, namlu hattı ve mermi yolunun gösterildiği bu şekilde, mermi yolu nişan hattını iki noktada kestiği görülmektedir. Silah sistemlerinde silah sıfırlama ayarı denilen bu teknikle, silaha yakın noktadaki mesafede gez ayarı yapılırken uzak noktadaki keşim mesafesi hesaplanabilmektedir.



Şekil 3. Silah dış balistik ve hedef balistik ilişkisi

Mermi yolu üzerinde uçuşunu sürdüren çekirdek, sıfırlama ayarı yapılan noktalardan hedefle tam örtüşür. Şekil 4'de sıfırlama noktaları arasındaki bir hedef üzerinde hangi noktalardan vuruş yapılabildiği görülmektedir. Bu şekilden anlaşılan hedef merkezi aynı olmasına rağmen, uzak mesafe sıfırlama noktasına kadar, hedef her zaman üst kısmından vurulabilir.

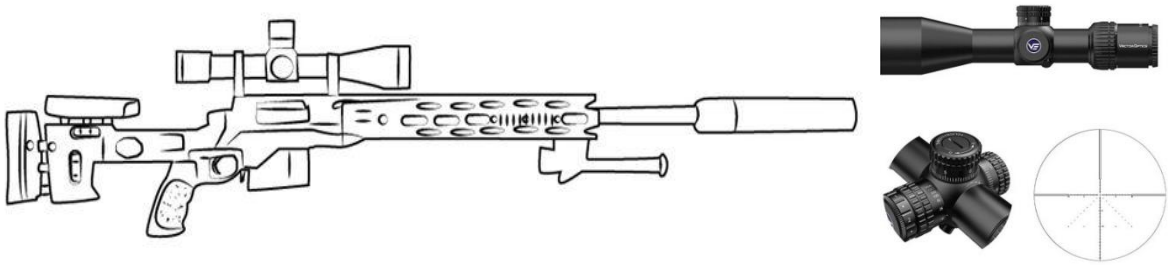


Şekil 4. Silah sıfırlama ve vuruş analizi

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Hedef balistiği içerisinde aynı zamanda, mühimmatın hedef yüzeyi ile etkileşimi sırasında meydana gelen mekanik süreçleri de incelemektedir. Bu süreçler; çarpışma anındaki hız, açılar, impuls aktarımı, enerji dağılımı, delme (penetrasyon), kırılma, kesme ve parçalanma gibi olguları kapsar. Hedef balistiği hem temel bilimsel araştırmalar hem de uygulamalı mühendislik problemleri için önem taşır; örneğin zırh tasarımı, balistik koruyucu sistemlerin geliştirilmesi, adli tıp incelemeleri ve malzeme dayanımı değerlendirmeleri bu aşamada yapılabilir.

Şekil 5'de uzak mesafelere atış yapılırken hedefin doğru görülmesi ve hedef hattının mermi yoluyla doğru hareketini kolaylaştırmak için optik dürbün sistemleri kullanılmaktadır. Hedef mesafesi optik üzerinden belirlendikten sonra, mermi yolu ve hedef hattı 2.kesişim noktasını kolaylıkla görebilmektedir.



Şekil 5. Optik dürbünlü nişangah sistemi

3.HEDEF BALİSTİĞİ

Dış balistik ve hedef balistiği deney protokolleri genellikle güvenlik, tekrarlanabilirlik ve veri doğrulama ilkelerine göre hazırlanır; deneylerin etik ve yasal düzenlemelere uygun yürütülmesi esastır. Hedef balistiğinde sayısal simülasyonlar, deneysel çalışmalarla birlikte kullanılarak zamandan ve maliyetten tasarruf sağlar. Modellerin güvenilirliği, malzeme verilerinin doğruluğuna, sınır koşullarının gerçekçi tanımlanmasına ve deneysel doğrulamaya bağlıdır.

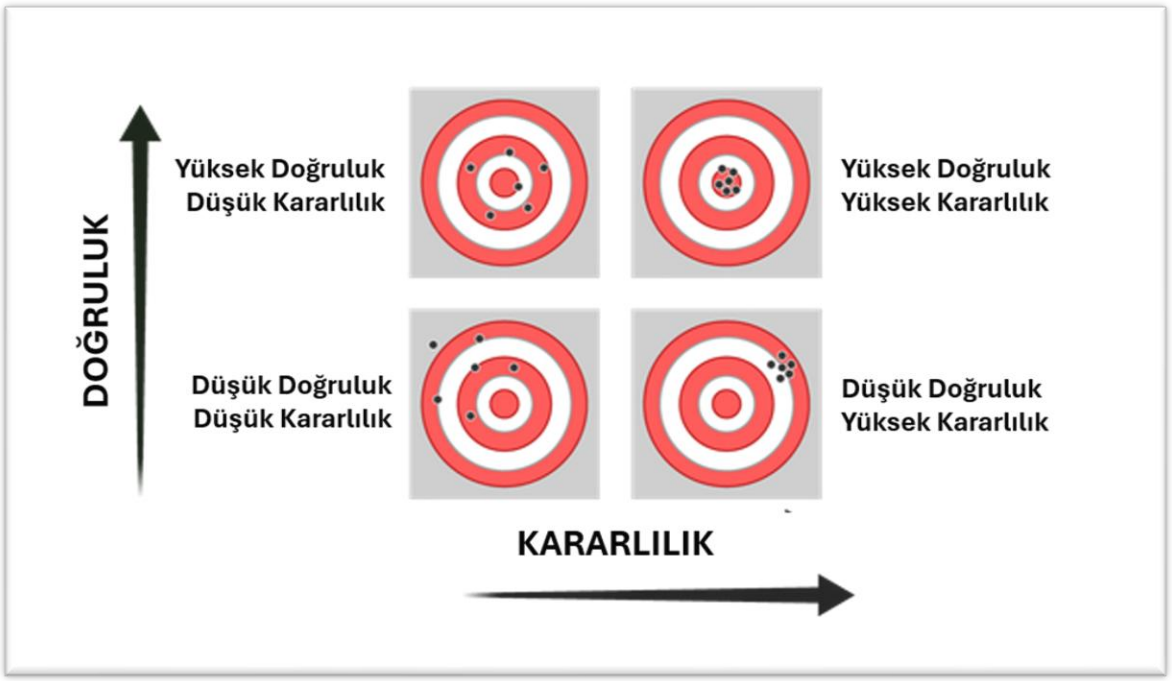
Silahlarda doğruluk ve kararlılık**,** balistik performansı ve vuruş etkinliğini belirleyen iki temel kavramdır. Her ikisi de atış sisteminin mühendislik kalitesini, malzeme özelliklerini ve kullanıcı faktörlerini kapsayan çok boyutlu parametrelerdir.

- Doğruluk (Accuracy): Ortalama hedef sapması. Genelde hedef merkezine göre ortalama isabet noktası (mean point of impact, MPI) ile tanımlanır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

- Kararlılık (Precision): Atışların arasındaki yayılmanın küçüklüğü; istatistiksel olarak varyans veya standart sapma ile ölçülür.

Silah performansını değerlendirirken doğruluk ve kararlılık temel performans göstergeleridir. Şekil 6'da görülen doğruluk hedeflenen merkeze yakınlığı; kararlılık ise ardışık atışların birbirine yakınlığını ifade etmektedir. Bu iki bileşen, mühendislik tasarımı, üretim toleransları, mühimmat kalitesi, çevresel koşullar ve atıcı/insan faktörlerinin birleşik etkisi ile ortaya çıkmaktadır.



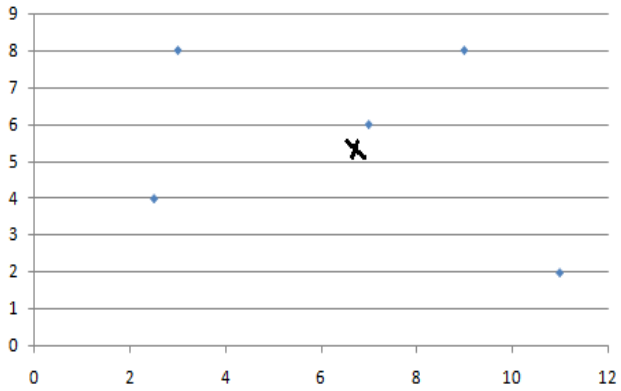
Şekil 6. Doğruluk ve kararlılık göstergesi

4.İSTATİSTİKSEL ANALİZ YAKLAŞIMLARI

Silah performansının ölçümü bilimsel bir etkinlik olabilir; ancak tüm çalışmalar yasal ve etik sınırlar içinde, güvenlik protokollerine sıkı bağlılıkla yürütülmelidir. Ölçüm ve analiz yöntemlerine dair akademik bir çerçeve sağlar; teçhizat modifikasyonu, zarar verici rehberlik veya yasa dışı faaliyetlere zemin hazırlayacak talimatları içermemektedir.

Hedef kâğıdı üzerine yapılan bir grup atışın, orta vuruş noktasının aritmetik ortalama ile saptanması için Şekil 7'de örnek gösterilmiştir. Burada yapılan 5 atış değerine ait orta vuruş noktasının aritmetik ortalama ile saptanmasına ilişkin örnek atışların koordinatları grafik üzerindedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Şekil 7. Yapılan bir grup atış için örnek değerleri

$$X_{ort} = \frac{x1+x2+x3+\cdots xn}{n} \quad (1)$$

$$Y_{ort} = \frac{y1+y2+y3+\cdots yn}{n} \quad (2)$$

X1= 11 X2= 2,5 X3= 7 X4= 9 X5= 3

Y1= 2 Y2= 4 Y3= 6 Y4= 8 Y5= 8

Yukarıda verilen koordinatlar yapılmış olan 5 atışa aittir. Bu atışların aritmetik ortalama yardımıyla orta vuruş noktası hesaplanmıştır.

$$X_{ort} = \frac{11+2,5+7+9+3}{5} = 6,5$$

$$Y_{ort} = \frac{2+4+6+8+8}{5} = 5,6$$

Orta vuruş noktasının geometrik ortalama ile saptanması amacıyla Şekil 7'de verilen verilere göre orta vuruş noktasının geometrik olarak hesaplanması yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Geometrik ortalama ile yapılacak hesaplamada şu formüller kullanılır:

$$X_{ort} = \sqrt[n]{x1.\,x2.\,x3\ldots xn} \quad (3)$$

$$Y_{ort} = \sqrt[n]{y1.\,y2.\,y3\ldots yn} \quad (4)$$

$$X_{ort} = \sqrt[5]{11.2,5.7.9.3} = 5,54$$

$$Y_{ort} = \sqrt[5]{2.4.6.8.8} = 4,98$$

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Ortalama mutlak sapma ve standart sapma kullanılarak yapılan atış deneyinden n tane ölçü alınmış ve değerler $x_1,x_2,...x_n$ olmak üzere x ortalama bulunmuş ise ortalama mutlak sapma;

$$R=\frac{\sum_{i=1}^{i=n}|xi-xort|}{n} \qquad (5)$$

şeklinde hesaplanır. Deneyde n ölçü alınmış ve değerler $x_1,x_2,x_3\ldots x_n$ ise standart sapma;

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n}(xi-xort)^2}{n-1}} \qquad (6)$$

formülüyle hesaplanmaktadır [8].

5.SONUÇ

Silah imalatı sonucunda, silahların atış doğruluğu hakkında bilgi sahibi olunabilmesi için atış testlerinin yapılması ve doğrulu/karalılık hesaplamalarının yapılaması gerekmektedir. Yapılan test ve hesaplamalar sonrasında silah da eğer ki olası bir hata varsa, silahın tekrardan ayarlanabilmesi için ya da sıfırlanabilmesi için dönüş alınacaktır.

Silah sistemlerinin hedef atışlarındaki ortalama isabet noktasının nişan noktasına ne kadar yakın olduğu doğruluk kavramıyla ilgilidir. Doğru atış hedefin ne kadar yakın vurulduğunu ilgilendirmektedir. Kararlılık kavramı ise, aynı koşullar altında yapılan atışların birbirine ne kadar yakın olduğunu inceler. Kararlılık bir grup dağılımı, atışlar arasındaki değişimi incelemektedir. Silah sistemlerinde doğruluk ve kararlılık ölçümü bir askeri mühendislik isteği olduğu gibi spor müsabakalarında ölçüm doğruluğu hesabı içinde kullanılabilir. Askeri silahların aynı şartlarda yapılan atışlarında, aynı yere mümkün olan en az sapmayla vuruş yapılmasını hedeflemektedir. Oluşan sapmanın silah hata aralığında olması tercih edilir. Bu nedenle hedef balistiği istatistiksel yöntemlerin kullanılmasını gerektirir. İstatistiksel yöntemler, belirsizliklerin modellenmesi, hata paylarının belirlenmesi ve tahmin gücünün artırılmasında etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan bazı istatistiksel teknikler sayesinde silah atışına ait doğru çıkarımların hesaplanarak belirlenmesi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1.Esgin Y., Savunma Harcamaları Ve Ekonomik Gelişme Arasındaki İlişki Silah İhracatçısı Ve İthalatçısı Ülkeler İçin Panel Veri Yöntemi İle Bir Analiz, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 2010.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2. Temizer S., Eliş H.,Temizer N., Sages: Sanal Gerçeklik Ortamında HLA Uyumlu Ve Stereo Görüntü, Fizik ve Çevresel Ses Destekli Savaşma Yeteneği Eğitim Simülatörü, 4.Usmos, 2007.

3. Ziylan A.,Savunma Nereden Nereye Türkiye'de Savunma Sanayi Tarihçesi, Ulusal Strateji Dergisi, s.2-9,Kasım/Aralık, 2001.

4. Yanez J., Ortuno T., Vitoriano B., A Simulation Approach To Reliability Analysis Of Weapon System, European Journal Of Operational Research, 100, s. 216-224, 1996.

5. Gündüzer O. Namlu Cidarı Boyutlandırılmasına İç Balistik Davranışın Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi üniversitesi, Ankara, 2011.

6. Tuncer D.G. ve Alli H. Ağır Silahların Geri Tepme Mekanizmalarının Tasarımında İç Balistik Modelinin Oluşturulması Ve Kama Kuvvetinin Hesaplanması. 2.Ulusal Tasarım İmalat Ve Analiz Kongresi, Kasım 2010, s. 413-414, 2010.

7. Çayıroğlu İ. ve Dizdar E., Kapsülsüz Ve Barutsuz Mermi Atan Hafif Silah Tasarımı. Teknoloji D. 2, 339-344, 2004.

8.Öztürk A.R., Dış Balistik, syf. 160-165, Ankara,1980

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BEYAZ FOSFOR SİS MÜHİMMATININ AYIRMA VE AYIKLAMA YAPILABİLİRLİĞİ

Prof.Dr.Mustafa BOZDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi , Mustafabozdemir@kku.edu.tr – 0000-0002-9332-2054

İbrahim AKÇAKAYA

Kırıkkale Üniversitesi, ibrahim.akcakaya995@gmail.com – 0009-0006-5585-3731

ÖZET

Kullanım ömrünü tamamlamış (TNT, AMATOL, COMP-B) ana dolgulu mühimmatın ayırma ve ayıklaması TSK MAAT Md.lüğü imkanlarıyla son işlemi gerçekleştirilmektedir. Ayırma ve ayıklaması yapılamayan mühimmat satıhta patlatılarak imha edilmektedir. Söz konusu beyaz fosfor sis mühimmatın ayırma ve ayıklaması mevcut imkanlarla yapılamamaktadır. Kullanım ömrünü tamamlamış beyaz fosfor sis mühimmatı satıhta patlatılarak imhası gerçekleştirilmektedir. Bununla beraber satıhta patlatılarak imhası esnasında ve sonrasında beyaz fosfor sis maddesi insan sağlığına ve çevreye bazı olumsuz etkileri beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmada beyaz fosfor sis mühimmatının ayırma ve ayıklama yapılabilirliğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Buna yönelik olarak mevcutta ayırma ve ayıklaması yapılabilen mühimmat tipleri incelenmiştir. Halihazırda beyaz fosfor sis mühimmatının ayırma ve ayıklanmasına yönelik uygulanan yöntemler ile beyaz fosfor sis mühimmatının ayırma ve ayıklanmasının fayda/mahzurları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mühimmat, Piroteknik, Beyaz fosfor, Ayırma ve ayıklama

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

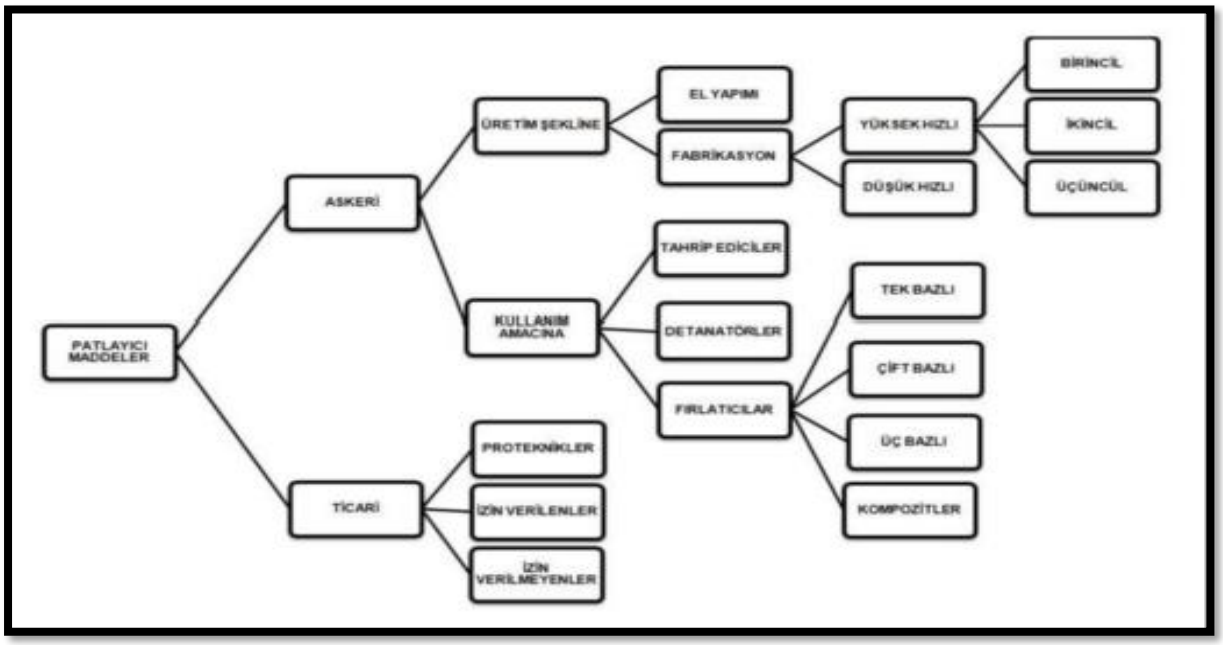
Mühimmat; IATG (International Ammunition Teqnical Guidelines) tanımına göre, her türlü patlayıcılar, sevk edici maddeler, piroteknikler (aydınlatma, sis, yangın vb.) başlatıcılar yada taarruz, savunma, eğitim gibi diğer operasyonel olmayan amaçlarla kullanılabilen nükleer, biyolojik veya kimyasal madde ile donatılmış füze, mermi, mayın ve yıkım malzemesini de içine alan patlayıcı içeren silah sistemlerine denir.[1] (Görsel 1.)

Mühimmat Çeşitleri					
Hafif Silah Mühimmatı	**Havan Mühimmatı**	**Top ve Obüs Mühimmatı**	**Roket ve Füzeler**	**El bombaları**	**Mayınlar**
Çapı 30 mm'ye kadar olan Hafif Silah Mühimmatı	Çapı 60 mm'den 120 mm'ye kadar olan Havan Mühimmatı	Çapı 75 mm'den 203 mm'ye kadar olan Top ve Obüs Mühimmatı	Çapı 40 mm'den 89 mm'ye kadar olan Roketler ve Güdümlü/ Güdümsüz Füzeler	Savunma/ Taarruz El Bombaları	Anti Personel/ Tank Mayınları

Görsel 1. Mühimmat Çeşitleri

Patlayıcı madde; ısı ya da şok etkisi ile kimyasal tepkimeye uğrayan, bu kimyasal tepkime sonunda yüksek miktarda çok büyük hacimde gaz, ısı, ışık, duman, ses, açığa çıkaran, katı, sıvı veya gaz halindeki kimyasal maddedir. Kuvvetli patlayıcıların çoğu kapalı bir ortam içerisinde olmadıkları veya bir şok tesiri ile karşı karşıya kalmadıkları takdirde, tutuşturuldukları zaman patlamazlar, sadece yanarlar. Patlayıcı maddeler, kararsız haldeki kimyasal maddeler olup, kıvılcım veya darbe benzeri bir etkiye maruz kalması sonucu kendiliğinden ilerleyen son derece hızlı kimyasal reaksiyonlar sonucu kararlı yapılara dönüşür. Bu esnada yüksek ısı, ses, darbe etkisi ile gaz ortaya çıkarırlar. Yanma reaksiyonu çok hızlı gerçekleştiğinden yanma için gerekli oksijeni havadan sağlamak mümkün değildir. Bu sebeple patlayıcı maddenin yapısında oksijen içeren madde bulunması gereklidir.[2] Patlayıcı maddeler genel özelliklerine göre askeri ve ticari patlayıcılar olmak üzere ikiye ayrılır. (Görsel 2.) [2]

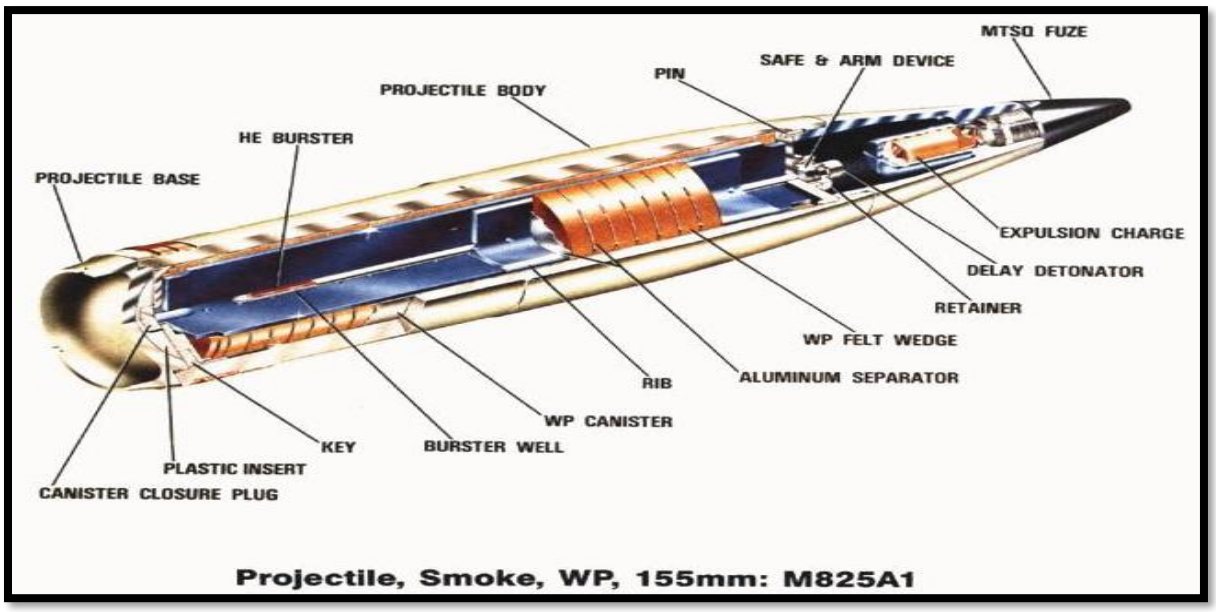
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 2. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması

Bazı durumlarda bir patlayıcı hem ticari hem de askeri amaçla kullanılabilir. Kullanım amaçlarına göre tahrip ediciler, başlatıcılar, fırlatıcılar olmak üzere üç başlıkta sınıflandırılır. Yaygın olarak kullanılan patlayıcılar; TNT, Amatol, C2-C3-C4 plastik patlayıcılar, RDX, Nitrogliserin ve Nitroselüloz, PETN, Tetril, Tetritol vb. patlayıcılardır.[3] Kimyasal tepkimeler yoluyla ısı, ses, duman, ışık gibi etkiler oluşturan patlayıcı maddelere piroteknik maddeler denir.[4] Piroteknik formülasyon yöntemiyle üretilen WP (Beyaz Fosfor) perdeleme dumanı üretmek maksadıyla kullanılır. Beyaz Fosfor O_2 ile reaksiyonu sonucu Fosfor Pentoksite (P_2O_5) dönüşür. Oldukça higroskopik olan bu oksit, atmosferdeki nemi anında emer ve hidratlı fosforik asit bulutu (aerosol) oluşturur. (Görsel 3.)

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 3. WP Sis Mühimmatının İç Yapısı

Patlayıcılar tarafından kolayca eritilip dağıldığı ve tutuştuğu için, özellikle bomba, mermi ve el bombalarının doldurulmasında kullanışlıdır ve perdeleme dumanı oluşturmak için askeri maksatla çeşitli mühimmat tiplerinde ana dolgu olarak kullanılır. (Görsel 4). [5]



Görsel 4. WP Sis Maddesinin Muharebede Perdeleme Amaçlı Kullanımı

2.BULGULAR

Her malzemenin bir kullanım ömrü olduğu gibi askeri mühimmatın da bir kullanım ömrü vardır. Ayrıca gelişen savunma teknolojileri ile birlikte bazı mühimmat cinsleri etkinliğini yitirip eski, kullanım dışı mühimmat konumuna gelmektedir. Eski, kullanım dışı kalmış mühimmatı depolamak ve muhafaza etmek; depolama alanı, para gibi kaynakların israfıdır.[6] Bilhassa depolama alanı mevzubahis olduğunda eski, kullanım dışı mühimmat depolama

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

tesislerinde değerli depolama alanını lüzumsuz yere işgal etmektedir. Bunun sonucu olarak yeni nesil hizmete elverişli mühimmat alma ve depolama yeteneği kısıtlanmaktadır.[7]. Bu sebeplerden ötürü eski, kullanım dışı kalmış mühimmatın zararsız hale getirilmesi (imhası) ve yeni nesil hizmete elverişli mühimmata depolama alanında yer açılması gerekmektedir. Eski, kullanım dışı mühimmatın yaygın olarak bilinen imha prosedürü açıkta yakma/açıkta patlatmadır. (OB/OD).[8] Açıkta yakma ve açıkta patlatma uzun yıllardır kullanılan ve günümüzde hala kullanılmakta olan yöntemlerdir, ancak bu prosedürün enerjik malzemeler ve metallerle kontaminasyon gibi birçok çevresel etkiye neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca açıkta patlatma mülke (sivil ya da askeri) zarar verebilecek büyük şok dalgaları üretebilir. Patlama sonucu oluşan parçalar uzun mesafelere uçabilir, insanlara zarar verebilir veya öldürebilir. Dahası, bu prosedür giderek daha kabul edilemez hale gelmiştir, çevre kuruluşları ve toplum tarafından yakından incelenmektedir. Eski, kullanım dışı mühimmatı elden çıkarmanın diğer bir yolu da denize boşaltmaktı, ancak bu prosedür *Londra 1996'da 'Atıkların ve Diğer Maddelerin Dökülmesiyle Deniz Kirliliğinin Önlenmesine Dair Sözleşme'* ile yasaklanmıştır.

3.YÖNTEM

Açıkta yakma, açıkta patlatma, denize boşaltma gibi mühimmat imha yöntemleri insan ve çevre üzerine olumsuz etkileri nedeniyle tercih edilmemektedir veya yasaklanmıştır. Bunun yerine çevreye daha duyarlı demilizasyon (ayırma ve ayıklama) yöntemlerini uygulamak tercih edilmektedir. Demilizasyon, mühimmatın askeri özelliğini ortadan kaldırma veya başka bir şekilde etkisiz hale getirmektir. Bu tür bir nötralizasyon güvenli, uygun maliyetli, pratik ve çevreye duyarlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir.[9]

Demilizasyon veya bertaraf teknikleri mekanik yöntemler, akışkan jetler, eritme, kriyofraktür, kriyosiklik, ultrasonik ve lazer kesim/işleme olarak sınıflandırabilir.[10]

3.1.Mekanik Yöntemler: Mühimmatı fiziksel olarak aksamlarına (parçalarına) ayırmak için mekanik sistemlerin kullanılmasıdır. Manuel işlem, otomasyona dayalı robotlar ve özel ekipmanlarla yapılan tersine mühendislik işlemlerini içerir. Mermilerin fişeklerden ayrılması ve etkisiz hale getirilmesi, patlayıcıların mühimmat gövdesinden uzaklaştırılması gerçekleştirilmektedir. Ayrıca mühimmat parçalarına ayrılabilir; ateşlemeyi başlatan tapa, ana dolgu patlayıcının infilakını sağlayan şiddetlendirici gibi mühimmat aksamlarını ayrılabilir. Genellikle belirli mühimmat için iyi çalışacak şekilde tasarlanmıştır ve farklı konfigürasyonlara kolayca uyum sağlamazlar.[11]

3.2. Akışkan Jetler: Akışkan jetle kesme tekniği, yüksek basınçlı bir su jeti ile birlikte aşındırıcı malzemeler kullanılarak mühimmatın kesilmesidir.[12] Su metali soğuttuğu ve patlayıcının olası tutuşması bastırıldığı için nispeten güvenli bir yöntemdir. Bu teknik mekanik yöntemlerle açılamayan mühimmatta kullanılabilir.

3.3.Eritme: Bu yöntem, TNT, Comp-B ve Amatol gibi dökme usulü üretilmiş patlayıcıların mühimmattan ayıklanmasında kullanılır. Basınçlı sıcak su yöntemi ve otoklav yöntemi başlıca kullanılan yöntemdir. Kontrollü yüksek sıcaklık vasıtasıyla mühimmat ana dolgusunun mühimmat gövdesinden eriyerek ayrılması sağlanır. [13]

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3.4.Kriyofraktür: Mühimmatın sıvı azot banyosunda soğutulmasını ve ardından hidrolik pres yardımıyla ezilmesini içerir. Mühimmatın soğutulması 30 dakika ile 4 saat arasında sürmektedir. Hem gövde hem de gövde içerisindeki ana dolgu sıvı azotta soğutulduktan sonra kırılgandır, bu nedenle mühimmat ezildiğinde parçalara ayrılır. Basit bir mekanik kesme veya pres kullanılabilir. Ayrılan parçalar yakma veya diğer yöntemlerle bertaraf edilir.[14]

3.5.Kriyosiklik: Mühimmatı aşırı soğuk ve kontrollü ısıtma döngülerine maruz bırakarak içindeki malzemelerin kırılgan hale gelmesini ve mekanik strese daha duyarlı olmasını sağlar. İlk adımda, mühimmat, sıvı azot gibi kriyojenik sıvılarla soğutulur, böylece gövde ve patlayıcı maddeler kırılgan hale gelir. Daha sonra mühimmat ısıtılır, böylelikle malzemelerin genişlemesine ve büzülmesine neden olur. Bu ani değişimler malzeme üzerinde stres yaratır ve çatlamalara yol açar. Bu süreç, mühimmatın yapısal bütünlüğünü zayıflatır ve patlayıcı yapıların güvenli bir şekilde işlenmesini sağlar. [15]

3.6.Ultrasonik Ayırma: İşlem, mühimmatın içine daldırıldığı bir sıvıda ultrasonik dalgalar kullanarak uygulanır. Katı bir malzemeye bitişik bir sıvı ortama yüksek yoğunluklu ses dalgaları uygulandığında, sıvıdaki akustik kavitasyon tarafından üretilen stres, malzemenin parçalanmasına ve nötralize olmasına neden olmaktadır. Bu yöntem, geleneksel yöntemlere göre daha güvenlidir ancak özel ekipman ve yüksek enerjiye ihtiyaç duymaktadır.[16]

3.7.Lazer Kesim: Bu yöntem, soğuk femtosaniye lazerlerinin kullanılması suretiyle malzemelere önemli ısı transferine neden olmadan, kısa darbelerle malzemenin ablasyonunu sağlamaktadır. Bu yöntemin dezavantajları, çok düşük verim, yani tek seferde bir mühimmatın işleme alınabilmesi, femtosaniye lazer satın almanın yüksek yatırım maliyeti, bu özel sistemi işletmek için yüksek eğitimli personele duyulan ihtiyaçtır.[17]

4.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Açıkta yakma, açıkta patlatma, denize boşaltma gibi mühimmat imha yöntemleri insan ve çevre üzerine olumsuz etkileri nedeniyle tercih edilmemektedir veya yasaklanmıştır. Bunun yerine çevreye daha duyarlı demilizasyon (ayırma ve ayıklama) yöntemlerini uygulamak tercih edilmektedir. Bu maksatla ülkemizde TSK Mühimmat Ayırma ve Ayıklama Tesisi (MAAT), eski veya kullanım dışı mühimmatı insan ve çevreye zarar vermeden uluslararası standartlarda adından da anlaşılacağı üzere ayırma ve ayıklama işlemini gerçekleştirmekte olup geri dönüşüme kazandırmaktadır. TSK MAAT imkan ve kabiliyetleri ile ana patlayıcı dolgusu TNT, COMP-B, AMATOL olan mühimmatı mekanik yöntemlerle aksamlarına ayrılır, gövde içerisindeki paylayıcı eritilerek boşaltılır diğer patlayıcı aksamlar yakma fırınlarında yakılarak gayri askeri hale getirilir. Patlayıcı dahil diğer metal aksamlar geri dönüşüme kazandırılarak ülke ekonomisine katkıda bulunulur.

Bu imkan ve kabiliyetlere rağmen piroteknik mühimmat ailesinden olan WP (Beyaz Fosfor) mühimmatının ayırma ve ayıklaması TSK MAAT imkanlarıyla yapılamamaktadır. Ülkemizde WP (Beyaz Fosfor) mühimmatının ayırma ve ayıklamasına giderek artan bir ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda yapılan araştırmalar neticesinde Amerika'da bulunan CAAA (Crane Army Ammunition Activity) tesisinde WP sis mühimmatı içerisindeki fosfor

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

maddesinin ayrıştırılarak mühimmatın zararsız hale getirildiği, dahası boşaltılan fosfor maddesinin fosforik aside dönüştürülerek tarımdan kozmetiğe çeşitli alanlarda geri dönüşüme kazandırmak suretiyle önemli ekonomik gelir elde edildiği görülmüştür.[18]

Sonuç olarak; ülkemizde de WP sis mühimmatının benzeri bir yöntem ile ayırma ve ayıklamasının yapılabilmesi gerekmektedir. Bu sayede insan ve çevreye zarar vermeden WP sis mühimmatının bertarafı yapılabilir, depolama alanlarında yeni nesil mühimmata yer açılabilir ayrıca geri dönüşüm yoluyla ülke ekonomisine ciddi sayılabilecek katkı sağlanabilir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

5. KAYNAKÇA

[1] A Practical Guide to Life-cycle Management of Ammunition--Jovana Carapic, Eric J. Deschambault, Paul Holtom, and Benjamin King

[2] Yücel A., *Propellantların İçindeki 2-Nitro Difenil Amin'in Kromatografik Yöntemlerle Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı.

[3] C. A. Taylor, Wm. H. Rinkenbach, *The Solubility of Trinitrotoluene in Organic Solvents, the Explosives Laboratory Chemical Division of the Pittsburgh Experiment Station*, US Bureau of Mines, Texas, 1922

[4] 2013/29/AB Sayılı Piroteknik Maddeler Yönetmeliği

[5] Agrawal, J.P. High *Energy Materials*. 2010.

[6] Grymonpré, D., *Design for demil efforts at GD - OTS* 44th Annual Gun & Missile Systems Conference & Exhibition, Kansas City, MO, 6 -9 Nisan 2009

[7] Kanada Hükümeti, Kanada Hazine Kurulu, *Kontrollü Mallar Direktifi*, 2006: http://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc- eng.aspx?id=12063&section=text.

[8] Kanada Hükümeti, Milli Savunma Bakanlığı, *Mühimmat ve patlayıcılar prosedür kılavuzu: CF aralıklarında ve eğitim alanlarında fiyasko ve yanlış ateşlenmiş mühimmatın imhası*, C -09 -008 -002/FP -000, 1993

[9] NATO Standardizasyon ajansı (NSA), *NATO Standardizasyon anlaşması: Mühimmatın güvenli imhası, tasarım ilkeleri ve gereksinimleri ve güvenlik değerlendirmesi*, STANAG 4518, 2001.

[10] Wilkinson J., *Revıew Of Demılıtarısatıon And Dısposal Technıques For Munıtıons And Related Materıals* Royal Australian Navy and Duncan Watt, TSO, MSIAC, January 2006

[11] Ham V., N.H.A., *Munitions disposal as a total concept* , *NATO Advances Research Workshop on Conversion Concepts for Commercial Applications and Disposal Technologies of Energetic Systems*, *NATO ası Series, Kluwer Academic Publishers*, Moskova, Rusya, s.47-54. 1994

[12] Getty, H.L., Miller, P.L., Cypher, M.S., Lamon, J.H., Hatz, D.P., Garrison, M.M., Hill, L.D., Martinson, D.A., Reynolds, R.E. ve Munoz, J.P., *High pressure washout of explosives*

[13] McCall, B.C., *Autoclave Meltout of Cast Explosives*, Proceedings of the 27th DoD Explosives Safety Seminar, Ağustos 1996. Referanslar\papp6.pdf

[14] CANOSCOM, ADM (IE), ADM (mat) ve DCC/NOG Ottawa, *CF ammunition demilitarization capability: Options analysis. Proje No.00001101* , 312 sayfa. Kanada 2009,

[15] Lipkin, J., *Cryocycling of Energetic Materials: Final Report*, Sandia National Laboratories, SAND97 -8280, Ağustos 1997. Referanslar\TR20050199_sand97-8280-c.pdf

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[16] SITIS DOD Small Business Innovation Research Interactive Topic Information System, *Separation of Fragmented Energetic Materials via Directed Ultrasonic Energy*, A05 -198 (Army), http://www.dodsbir.net/sitis/archives_display_topic.asp?Bookmark=27979

[17] Roeske, F., Benterou, J., Lee, R. ve Roos, E., *Cutting and machining energetic materials with a femtosecond laser* , Propellants, explosives and pyrotechnics, 28(2),s. 53 -57. 2003

[18] Rainey, D.R. and Zaugg, M.M., *Demilitarization of White Phosphorus Munitions*, Proceedings of the 24th DOD Explosives Safety Seminar, August 1990

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BEYAZ FOSFORUN TOKSİKOLOJİK ETKİLERİ

Prof.Dr.Mustafa BOZDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi, Mustafabozdemir@kku.edu.tr – 0000-0002-9332-2054

İbrahim AKÇAKAYA

Kırıkkale Üniversitesi, ibrahim.akcakaya995@gmail.com – 0009-0006-5585-3731

ÖZET

Beyaz fosfor sis mühimmatı piroteknik özellik göstermektedir. Piroteknik madde; kimyasal tepkimeler sonucunda ısı, ışık, ses, duman vs. oluşturmak maksadıyla üretilen patlayıcıların genel ismidir. 40-43^0 C de Beyaz fosfor, mühimmat gövdesinden sızıntılar yapabilmektedir. Havayla temas etmesiyle birlikte yanmaya başlar ve beyaz bir duman açığa çıkarır. Açığa çıkan bu duman insan sağlığı üzerinde ciddi zararlar oluşturabilmektedir.

Bu çalışmada WP (Beyaz Fosfor) sis mühimmatında kullanılan beyaz fosfor maddesinin çevre ve insan sağlığı üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylelikle beyaz fosfor ihtiva eden mühimmat ile ilgili faaliyetlerde dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir. Konu ile alakalı yapılan çalışmalar incelenmiştir.

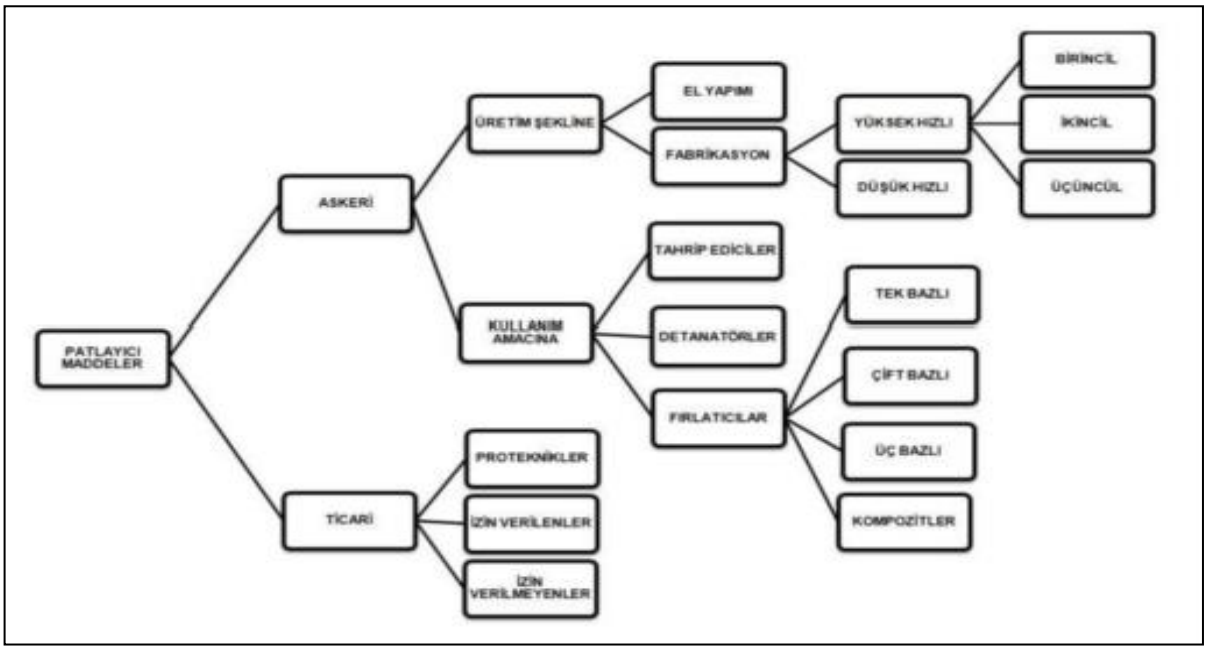
Anahtar Kelimeler: Mühimmat, Piroteknik, Beyaz fosfor, Toksikolojik

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

Mühimmat; IATG (International Ammunition Teqnical Guidelines) tanımına göre, her türlü patlayıcılar, sevk edici maddeler, piroteknikler (aydınlatma, sis, yangın vb.) başlatıcılar yada taarruz, savunma, eğitim gibi diğer operasyonel olmayan amaçlarla kullanılabilen nükleer, biyolojik veya kimyasal madde ile donatılmış füze, mermi, mayın ve yıkım malzemesini de içine alan patlayıcı içeren silah sistemlerine denir.[1]

Patlayıcı madde; ısı ya da şok etkisi ile kimyasal tepkimeye uğrayan, bu kimyasal tepkime sonunda yüksek miktarda çok büyük hacimde gaz, ısı, ışık, duman, ses, açığa çıkaran, katı, sıvı veya gaz halindeki kimyasal maddedir. Kuvvetli patlayıcıların çoğu kapalı bir ortam içerisinde olmadıkları veya bir şok tesiri ile karşı karşıya kalmadıkları takdirde, tutuşturuldukları zaman patlamazlar, sadece yanarlar. Patlayıcı maddeler, kararsız haldeki kimyasal maddeler olup, kıvılcım veya darbe benzeri bir etkiye maruz kalması sonucu kendiliğinden ilerleyen son derece hızlı kimyasal reaksiyonlar sonucu kararlı yapılara dönüşür. Bu esnada yüksek ısı, ses, darbe etkisi ile gaz ortaya çıkarırlar. Yanma reaksiyonu çok hızlı gerçekleştiğinden yanma için gerekli oksijeni havadan sağlamak mümkün değildir. Bu sebeple patlayıcı maddenin yapısında oksijen içeren madde bulunması gereklidir.[2]



Görsel 1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması

Patlayıcı maddeler genel özelliklerine göre askeri ve ticari patlayıcılar olmak üzere ikiye ayrılır. (Görsel 1.) [2] Bazı durumlarda bir patlayıcı hem ticari hem de askeri amaçla kullanılabilir. Kullanım amaçlarına göre tahrip ediciler, başlatıcılar, fırlatıcılar olmak üzere üç başlıkta sınıflandırılır.

Yaygın olarak kullanılan patlayıcılar; TNT, Amatol, C2-C3-C4 plastik patlayıcılar, RDX, Nitrogliserin ve Nitroselüloz, PETN, Tetril, Tetritol vb. patlayıcılardır.[3]

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2.BULGULAR

Piroteknik ailesi içerisinde, sis formülasyonları önemli ve vazgeçilmez bir sınıf oluşturur. Sisin askeri alanda perdeleme ve/veya sinyal verme amacıyla kullanımı muhtemelen savaşın kendisi kadar eskidir. Barut ve diğer piroteknik karışımların ortaya çıkmasından önce sisleme maksadıyla ot gibi doğal malzemelerin yakılmasıyla duman elde edilirdi. Perdeleme maksadıyla ilk kayıtlı kullanımı, İsveç Kralı XII. Charles'ın bir nehir geçişini örtmek maksadıyla 1701 yılında nemli saman yakmak suretiyle duman perdesi oluşturmasıyla gerçekleşmiştir.

Piroteknik sis, aslında bir aerosoldür, yani gaz halindeki bir ortamda küçük katı veya sıvı parçacıkların süspansiyonudur. Duman parçacıkları, oksitleyici ve yakıt arasındaki kimyasal reaksiyonun ısısı (ekzotermik) sayesinde oluşur. Duman bulutunun yoğunluğu, kalıcılığı ve sonraki davranışı sıcaklık, nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü gibi meteorolojik koşullara bağlıdır.

Sis, çok sayıda kimyasaldan çeşitli şekillerde üretilebilir. Ancak, yalnızca birkaçı askeri duman için gereken özel gereksinimleri karşılar.

İdeal askeri duman veya duman malzemesi şunlar olmalıdır:

• Düşük konsantrasyonda etkili olmalı;

• Düşük maliyetlerle büyük ölçekli üretimler için yeterli miktarlarda mevcut olmalı;

• Karmaşık ekipman kullanımı gerektirmemeli kolay ve verimli bir şekilde dağıtılmalı;

• Atıldığında kalıcı olmalı, hızlı buharlaşmamalı;

• İnsan ve çevre üzerinde toksik olmamalı ve aynı zamanda ekipmana zarar vermemeli;

• Uzun süreli depolama yönünden dayanıklı ve emniyetli, nakliye açısından düşük riskli olmalıdır.

1. Perdeleme dumanı; genellikle beyaz renktedir. Askeri hareketleri, teçhizatı ve tesisleri kara ve hava gözlemlerinden gizlemek için kullanılır.

2. İşaret dumanı; Bu duman çoğunlukla renklidir, işaret ve haberleşme maksadıyla kullanılır.

3. Göz yaşartıcı duman; İsyan, anarşi, toplumsal olayların yatıştırılması ve kontrolü maksadıyla kullanılır.

4. İzleme ve yakalama dumanı; Yüksek irtifada iz bırakan mermilerin yolunu izlemek maksadıyla kullanılır. İz bırakan mermi otomatik silahlar için gelişmiş nişan alma ve ateş kontrolü sağlayan ışık üretir.

5. İşaretleyici dumanı; Kalsiyum/magnezyum/alüminyum ve fosfür bazlı deniz işaretleyicileri, deniz yüzeyindeki konumu işaretlemek için kullanılır.

Piroteknik formülasyonla üretilen en basit perdeleme dumanı, havada fosfor pentoksit oluşturmak maksadıyla WP (Beyaz Fosfor) kullanılarak elde edilir. Oldukça higroskopik olmasından dolayı atmosferdeki nemi anında emer ve fosforik asit bulutu (aerosol) oluşturur.[4]

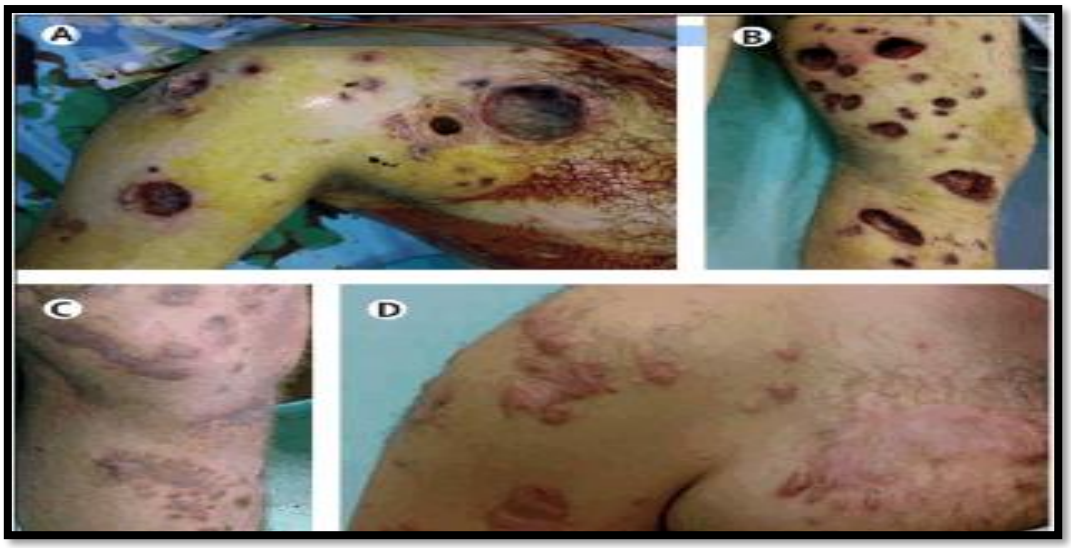
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Patlayıcılar tarafından kolayca eritilip dağılabilmesi ve hızlı tutuşma özelliği sayesinde mühimmat gövdelerinin doldurulmasında kullanılır ve perdeleme dumanı üretir. (Görsel 2).



Görsel 2. WP Sis Perdeleme Dumanı

Beyaz fosfor maddesine maruz kalınması durumunda sağlık yönünden olumsuz etkilerinin meydana gelip gelmeyeceğini birçok faktör belirler. Bu faktörler; doz (ne kadar), süre (ne kadar uzun), maruz kalma yolu (nefes alma, yeme, içme veya cilt ile teması) yaş, cinsiyet, beslenme durumu, yaşam tarzı ve sağlık durumu gibi özelliklerdir.[5] Düşük konsantrasyonlarda duman toksik değildir ama gözleri, cildi ve solunum yollarını tahriş eder. Ayrıca, yanıcı bir etki yaratarak insan vücuduna teması halinde et yanıklarına neden olur. (Görsel 3).



Görsel 3. WP Sis Maddesinin İnsan Vücuduna Etkisi

Beyaz fosfor maddesi havada oksijenle tepkimeye girerek dakikalar içerisinde nispeten zararsız kimyasal maddelere dönüşür. Fakat beyaz fosfor parçaları, su ve toprakta oksijen seviyesi çok düşük olduğu durumlarda yıllarca bozulmadan kalabilir. Beyaz fosfor maddesi yalnızca

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

kirlenmiş sularda yakalanmış olan balıklar ve kirlenmiş bölgelerden elde edilen yabani kuşlarda bulunmuş olup içme suyunda veya diğer yiyeceklerde bulunmamıştır. Bulunmuş olan en yüksek seviye, ABD Arkansas eyaleti, Yellow Lake'ten yakalanan yayın balığında kilogram başına 207 miligram beyaz fosfor (207 mg/kg) olarak tespit edilmiştir. Bazı insanlar, kirlenmiş gıdaları tüketmek suretiyle düşük seviyelerde beyaz fosfora maruz kalmaktadır. Beyaz Fosfora maruz kalarak ölümcül yada ciddi vakaların çoğu beyaz fosfor ihtiva eden mühimmatla yapılan faaliyetler neticesinde meydana gelmiştir. Bu faaliyelerde görev alan işçilerin ciddi şekilde maruz kalmasının sebebi, beyaz fosfor yükleme(doldurma) esnasında meydana gelen kazalar neticesinde ortaya çıkmıştır. Beyaz Fosfor içeren mühimmat kullanan özellikle askerler, muharebe esnasında, eğitim ve tatbikatlarda veyahut oluşabilecek kazalar dolayısıyla Beyaz Fosfor maddesine maruz kalabilmektedirler.

Beyaz Fosfor içeren hava soluyan farelerin ağzındaki kan damarlarında hasar meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Beyaz Fosfor dumanına solunum yoluyla maruz kalma etkileri Çizelge 1.de verilmiştir.

Sıra Nu.	**Tür**	**Maruziyet süresi/ sıklığı**	**Yoğunluk***	**Etki**	**Referans**
1	Sıçan	60-90 dk	1120	2/10 ölüm	Brown et al 1980
2	Fare	60 dk	110	1/20 ölüm	White and Armstrong 1935
3	Keçi	60 dk	6230	2/3 ölüm	White and Armstrong 1935
4	İnsan	15 dk	514	Öksürük, baş ağrısı, burun ve boğazda tahriş, göğüste tıkanıklık	White and Armstrong 1935

Çizelge 1. [5] (*yoğunluk: mg/m^3 cinsinden ortofosforik asidin eş değeri)

3.SONUÇ

Sonuç olarak incelenen bu çalışmada Beyaz fosforun solunum ve temas halinde vücutta ve çevreye oluşturduğu toksikolojik etkisinden bahsedilmiştir. Beyaz fosfor ile kirletilmiş bölgelerde yaşayan canlılar olumsuz etkilenmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Bahse konu beyaz fosforun ciltte teması halinde insan yaşamını olumsuz etkileyebilecek ciddi yaralanmalara ve doku kayıplarına sebebiyet verebilirken solunum yoluyla maruz kalındığı durumda diğer canlılarda değişen oranda ölümle sonuçlanan etkiler gözlenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

4. KAYNAKÇA

[1] A Practical Guide to Life-cycle Management of Ammunition--Jovana Carapic, Eric J. Deschambault, Paul Holtom, and Benjamin King

[2] Yücel A., *Propellantların İçindeki 2-Nitro Difenil Amin'in Kromatografik Yöntemlerle Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı.

[3] C. A. Taylor, Wm. H. Rinkenbach, *The Solubility of Trinitrotoluene in Organic Solvents, the Explosives Laboratory Chemical Division of the Pittsburgh Experiment Station*, US Bureau of Mines, Texas, 1922

[4] Agrawal, J.P. High *Energy Materials*. 2010.

[5] Toxıcologıcal Profile For Whıte Phosphorus U.S. Department Of Health And Human Servıces Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry September 1997

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

FARKLI ORTAM SICAKLIKLARINDA YÜKSEK BASINÇLI METAN DEPOLAMA SÜRECİNİN DİNAMİK MODELLEMESİ

Öğr. Gör. Dr. Fatih ÖZCAN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Orhangazi Yeniköy Asil Çelik Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, fatihozcan@uludag.edu.tr - ORCID: 0000-0003-2638-0366

Prof. Dr. Muhsin KILIÇ
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, mkilic@uludag.edu.tr - ORCID: 0000-0003-2113-4510

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek basınç altında gerçekleştirilen metan gazı depolama süreci farklı ortam sıcaklıkları dikkate alınarak ayrıntılı biçimde modellenmiş ve sistemin zamana bağlı tepkileri incelenmiştir. Çalışmanın amacı, çevresel sıcaklık değişimlerinin depolama kapasitesi, enerji gereksinimi ve kompresör performansı üzerindeki etkilerini sayısal olarak belirlemektir. Model, MATLAB/Simulink ortamında geliştirilmiş olup fiziksel doğruluğu Simscape Gas bileşenleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu sayede sistem, enerji ve kütle korunumu esas alınarak zamana bağlı olarak modellenmiştir. Model yapısında sabit basınçlı bir gaz kaynağı, çok kademeli bir kompresör, üç ara soğutucu ve toplam hacmi 900 litre olan altı silindirik depolama tankı bulunmaktadır. Termodinamik hesaplamalarda metan gazı ideal gaz kabulüyle değerlendirilmiş; ortam sıcaklığı −10 °C, 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C ve 40 °C olarak kademeli biçimde değiştirilmiştir. Her sıcaklık düzeyinde 200, 300 ve 400 bar sabit depolama basınçları için simülasyonlar yürütülmüştür. Elde edilen veriler, sıcaklık yükseldikçe gaz yoğunluğunun azalması sonucu depolanan kütlenin azaldığını, buna karşılık kompresörün çektiği gücün ve toplam enerji tüketiminin arttığını ortaya koymuştur. Dinamik analiz, ayrıca sıcaklık değişiminin sistemin geçici rejim yanıtını önemli ölçüde etkilediğini, basınç dengeleme eğrilerinin ve dolum süresinin sıcaklıkla doğrusal olmayan biçimde değiştiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, yüksek basınçlı doğal gaz depolama sistemlerinin farklı iklim koşullarında kararlı, güvenli ve enerji açısından verimli biçimde tasarlanabilmesi için mühendislik düzeyinde bir referans oluşturmaktadır. Geliştirilen model, fiziksel parametrelerin zamana bağlı davranışını açık biçimde ortaya koymakta; böylece deneysel testlerin öncesinde sistem boyutlandırması, termal yönetim stratejileri ve ekipman seçimi gibi tasarım aşamalarında kullanılabilecek analitik bir karar destek aracı sunmaktadır. Ayrıca çalışma, dinamik modelleme yaklaşımının depolama süreçlerinin optimizasyonunda sağlayabileceği avantajları göstermesi açısından gelecekteki uygulamalara da yol göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Metan Depolama, Dinamik Modelleme, Simulink Simülasyonu, Ortam Sıcaklığı Etkisi

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. GİRİŞ

Artan çevresel kaygılar ve enerji güvenliği ihtiyacı, taşıtlarda fosil yakıtların yerine daha temiz ve sürdürülebilir alternatiflerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, metan gazı, yani sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), düşük karbon içeriği, yüksek oktan sayısı ve gelişmiş yanma karakteristikleri ile öne çıkmaktadır. Metan bazlı bu yakıtlar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ve lojistik açıdan da tercih edilmektedir (Ali et al., 2024). Toplu taşıma ve hafif ticari araçlar gibi yüksek kullanım frekansına sahip sistemlerde metan kullanımı, elektrikli ve dizel teknolojilere kıyasla çevresel ve ekonomik avantajlar sunmaktadır. Carbone, Micari ve Lanzafame (2025) tarafından yapılan karşılaştırmalı değerlendirmeye göre, metanla çalışan araçlar düşük emisyon ve düşük işletme maliyetiyle sürdürülebilir toplu ulaşım çözümlerinin bir parçası hâline gelmektedir. Benzer şekilde, Bhutani, Prabakaran ve Gupta (2025), şehir içi ulaşımda hafif ticari araçların elektrikli alternatifleriyle birlikte metan kullanımının da dönüşümde önemli rol oynadığını belirtmektedir. Ancak, metan gazının taşıtlara veya depolama ünitelerine hızlı dolumu sırasında karşılaşılan basınç, sıcaklık ve yoğunluk değişimleri, sistemin güvenliğini ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, hızlı dolum süreçlerinin detaylı olarak modellenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu tür çalışmalar, yalnızca sistem performansını değerlendirmekle kalmamakta, aynı zamanda tasarım parametrelerinin iyileştirilmesi ve dolum sürecinin optimize edilmesine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, sabit kaynak basıncına sahip bir metan gazının çok kademeli kompresör aracılığıyla sıkıştırılarak, yüksek basınçlı altı adet tanka dolumunun gerçekleştirildiği bir sistemin fizik tabanlı modeli sunulmuştur. Model, MATLAB–Simulink ortamında geliştirilmiş, termodinamik özellikler sıcaklık ve basınca bağlı olarak hesaplanmış ve farklı çevresel koşullar altında sistem davranışı analiz edilmiştir. Amaç, dolum sürecinin zamana bağlı dinamik karakterini ortaya koymak ve gelecekte yapılacak tasarım, kontrol ve güvenlik iyileştirmelerine temel oluşturmaktır.

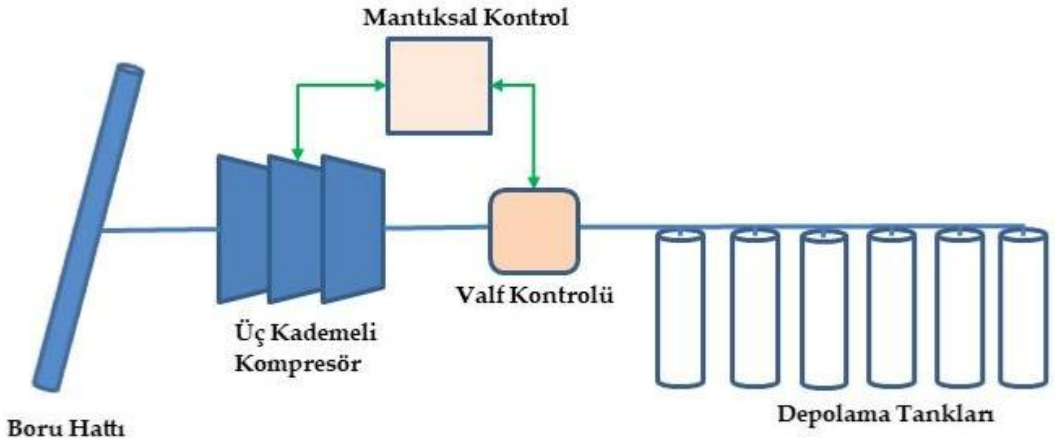
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, metan gazının yüksek basınçlı tanklara dolum sürecini temsil eden bir model MATLAB/Simulink ortamında geliştirilmiştir. Modelleme sürecinde Simscape Gas kütüphanesi kullanılmıştır. Sisteme ait gazın sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişen termodinamik özellikleri CoolProp veritabanı yardımıyla hesaplanmış ve modele entegre edilmiştir.

Geliştirilen modelde üç temel bileşen yer almaktadır: sabit basınçlı bir gaz kaynağı, üç kademeli bir kompresör ve altı adet yüksek basınçlı depolama tankı. Gaz kaynağı, boru hattından gelen metan akışını temsil eder ve sistemin girişinde sabit basınç ve sıcaklık sağlayacak şekilde modellenmiştir. Bu kaynaktan alınan gaz, sırasıyla üç kademeli bir kompresörde sıkıştırılmakta ve her kademeden sonra ayrı bir soğutma işlemi uygulanarak gaz sıcaklığı düşürülmektedir. Soğutma sistemleri, sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak oluşabilecek termodinamik kayıpları azaltmak amacıyla modellenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Sıkıştırılmış metan, kompresör çıkışında yer alan bir kontrol vanası aracılığıyla depolama tanklarına yönlendirilir. Bu vananın kontrolü, tanklardaki basınç seviyelerine göre çalışan bir mantık denetimi bloğu tarafından sağlanmaktadır. Depolama sistemi, altı adet 150 litrelik tanktan oluşmakta ve tüm tanklar aynı anda doldurulmaktadır. Dolum süreci, tek tip dolum yaklaşımına göre modellenmiş olup, kademeli ya da sıralı bir dolum stratejisi uygulanmamıştır.



Görsel 2. Metan Dolum Sisteminin Şematik Yapısı

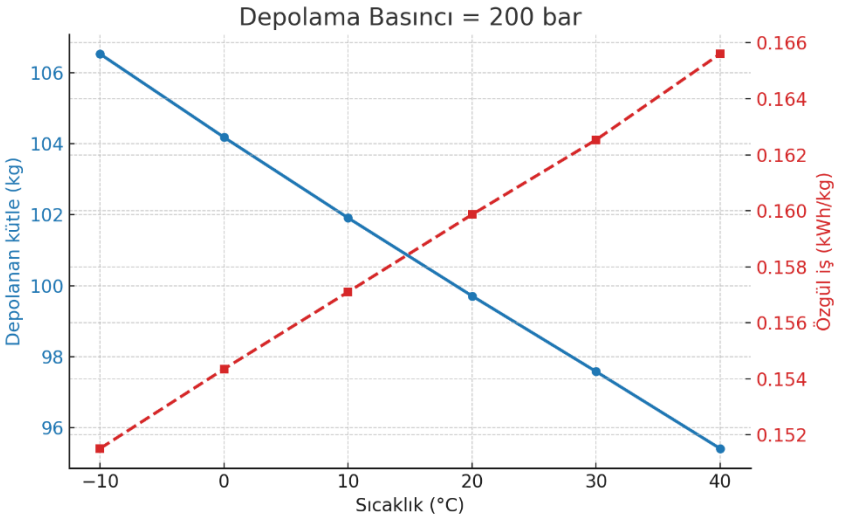
Modelin genel yapısı Görsel 1'de şematik olarak sunulmuştur. Bu görselde, boru hattından gelen metanın kompresör aracılığıyla sıkıştırıldıktan sonra mantık kontrolü yardımıyla kontrol vanasından geçerek depolama tanklarına yönlendirildiği gösterilmektedir. Sistem içerisindeki kontrol mekanizması, tank içi basınçlara göre vananın açık/kapalı konumunu belirlemekte ve böylece dolum süreci dinamik olarak yönetilmektedir.

Çalışmada ortam sıcaklığının dolum performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla sıcaklık aralığı −10 °C ile +40 °C arasında belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri için farklı senaryolar oluşturulmuş ve her bir senaryoda metan gazının depolama tanklarına dolum süreci zamana bağlı olarak simüle edilmiştir. Simülasyonlar, tank basıncı, dolan gaz miktarı ve sıcaklık değişimleri gibi temel parametrelerin zamanla nasıl değiştiğini incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem sayesinde metan dolum sürecinin dinamik özellikleri analiz edilmiş ve sistemin farklı çalışma koşullarındaki davranışı karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

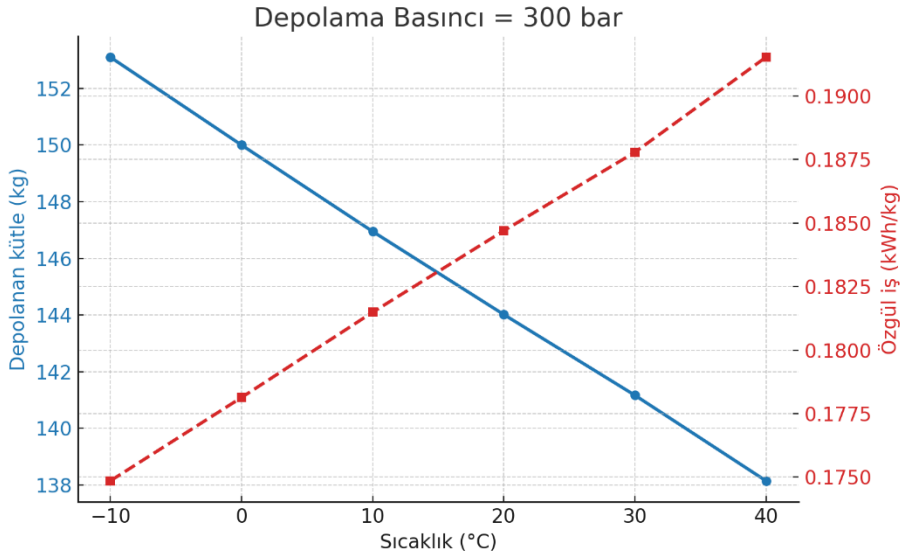
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, metan gazının sabit basınç altında altı adet yüksek basınçlı tanka dolumu, farklı ortam sıcaklıklarında modellenmiştir. Ortam sıcaklığı, −10, 0, 10, 20, 30 ve 40 °C olarak değiştirilmiş ve her bir sıcaklık için dolumun sonundaki toplam dolan kütle hesaplanmıştır. Dolum işlemleri sırasıyla 200, 300 ve 400 bar son basınç hedefleri için gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, Görsel 2, Görsel 3 ve Görsel 4'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

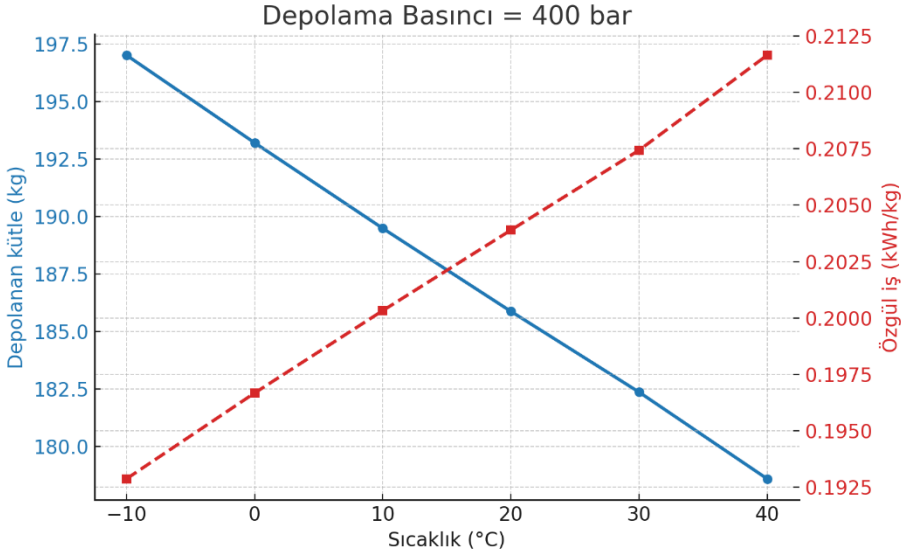


Görsel 2. Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Dolan Gaz Kütlesi Ve Özgül İş Değişimi (Depolama Basıncı: 200 Bar)



Görsel 3. Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Dolan Gaz Kütlesi Ve Özgül İş Değişimi (Depolama Basıncı: 300 Bar)

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Görsel 4. Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Dolan Gaz Kütlesi Ve Özgül İş Değişimi (Depolama Basıncı: 400 Bar)

Görsellerden de görüldüğü üzere ortam sıcaklığındaki artış, dolan metan kütlesini belirgin şekilde azaltmaktadır. −10 °C'de gerçekleştirilen dolumlarda, 40 °C'ye göre yaklaşık %6 ile %10 arasında daha fazla kütle dolumu gerçekleşmiştir. Bu fark, gazın özgül hacminin sıcaklığa bağlı olarak artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, dolum süreci sırasında depolama tanklarındaki gazın sıcaklığı, ortam sıcaklığına göre daha yüksek olduğundan, tank yüzeylerinden çevreye doğru bir ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu ısı kaybı, yalnızca ortam sıcaklığına değil, aynı zamanda tankların üretildiği malzemenin ısıl iletkenliğine ve özgül ısısına da bağlıdır. Tank yüzeylerinden çevreye aktarılan ısı, içerdeki gazın sıcaklık profilini etkileyerek dolum verimliliği üzerinde belirli bir rol oynamaktadır (Kılıç & Yiğit, 2018). Benzer bir eğilim, Farzaneh-Gord ve arkadaşlarının (2014) farklı doğal gaz bileşimleri üzerinde yaptığı çalışmada da bildirilmiştir. Söz konusu çalışmada, daha düşük sıcaklık koşullarının daha yüksek kütle dolumuna olanak tanıdığı gösterilmiştir. Ayrıca, Deymi-Dashtebayaz (2012) tarafından yapılan deneysel analizde, düşük sıcaklıklarda tank içi basınç artışının daha dengeli gerçekleştiği ve dolum performansının iyileştiği ifade edilmiştir. Bu çalışma da, simülasyon yoluyla benzer sonuçları ortaya koymuştur. Geliştirilen model, önceki çalışmalarda da doğrulama ve optimizasyon analizlerinde başarıyla uygulanmış olup, bu bağlamda güvenilir sonuçlar üretme kapasitesine sahiptir (Özcan & Kılıç, 2025a).

Bu yönüyle, doğal gaz sistemlerinin sıcaklık etkisine duyarlılığı daha sade ve anlaşılır şekilde gözlemlenmiştir. Gerçek doğal gaz karışımlarında etan, propan ve CO_2 gibi bileşenlerin dolum karakteristiklerini değiştirebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Daha önce yürütülen bir çalışmada, farklı doğal gaz karışımlarının dolum süreci üzerindeki etkileri dinamik modelleme yoluyla karşılaştırılmış ve karışım bileşiminin dolum performansını önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir (Özcan & Kılıç, 2025b).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, yalnızca metan gazı kullanılarak yapılan dolum süreci, farklı ortam sıcaklıklarında modellenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. −10 °C ile 40 °C arasındaki sıcaklık değerleri dikkate alınarak 200, 300 ve 400 bar hedef basınçlarında dolum gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar, ortam sıcaklığının dolum verimliliği üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle soğuk hava koşullarında, aynı hacme daha fazla metan gazı sığmakta ve tanklar daha yüksek kütle ile doldurulabilmektedir. Bu durum, özellikle sınırlı hacimli sistemlerde enerji taşıma kapasitesinin artırılması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Farzaneh-Gord et al. (2014) ve Deymi-Dashtebayaz (2012) gibi literatür çalışmalarıyla karşılaştırıldığında, bu modelin sunduğu bulgular benzer eğilimleri ortaya koymaktadır. Ancak bu çalışmanın özgün katkısı, yalnızca metan bileşimi üzerinden yapılan dolum sürecinin ayrıntılı bir sıcaklık karşılaştırması ile modellenmesidir. Bu yönüyle, doğal gaz sistemlerinin sıcaklık etkisine duyarlılığı daha sade ve anlaşılır şekilde gözlemlenmiştir. Çalışmanın başlıca sınırlılığı, yalnızca tek gaz bileşeninin (metan) kullanılmasıdır. Gerçek doğal gaz karışımlarında etan, propan ve CO_2 gibi bileşenlerin dolum karakteristiklerini değiştirebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KAYNAKÇA

[1] Ali, Y., Younus, A., Khan, A. U., & Alrefai, A. H. (2024). Compressed natural gas (CNG) as a fuel and the associated risks: A quantitative analysis in the scenario of a developing country. Journal of Safety Science & Resilience, 5, 306–316. https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2024.05.001

[2] Bhutani, S., Prabakaran, D., & Gupta, N. (2025). Electrification of light commercial vehicles in urban areas. Transportation Research Procedia, 82, 2425–2443. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.12.196

[3] Carbone, C., Micari, S., & Lanzafame, R. (2025). An economic and environmental assessment of different bus powertrain technologies in public transportation. Cleaner Environmental Systems, 16, 100250. https://doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100250

[4] Deymi-Dashtebayaz, M. L. (2012). Studying the transmission of fuel storage tank pressure during the compressed natural gas (CNG) cylinder refilling. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 7(1), 67–74.

[5] Farzaneh-Gord, M., Rahbari, H. R., Deymi-Dashtebayaz, M., & Hashemi, S. J. (2014). Effects of natural gas compositions on the performance of the filling process of storage cylinders. *Energy*, *64*, 1026–1036.

[6] Kılıç, M., & Yiğit, A. (2018). Isı transferi (6. baskı). Bursa: Dora Yayıncılık.

[7] Özcan, F., & Kılıç, M. (2025a). Dynamic modeling of a compressed natural gas refueling station and multi-objective optimization via Gray Relational Analysis method. Applied Sciences, 15(9). https://doi.org/10.3390/app15094908

[8] Özcan, F., & Kılıç, M. (2025b). Dynamic modeling of CNG fast filling process with buffer storage system for different natural gas mixtures. In M. Kılıç (Ed.), The role of exergy and energy in sustainability (pp. 319–332). Heidelberg: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-89869-3_19

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

STRUCTURAL ANALYSIS AND EXPERIMENTAL VALIDATION USING A DUMMY MODEL OF EQUIPMENT DESIGNED FOR THE SPACE ENVIRONMENT [1]

Cemal ALAT[1,2]

[1]Gazi University, Grade School of Natural and Applied Sciences, Ankara / Turkey,

alatcemal@gmail.com - 0000-0002-0499-1695

[2]Turkish Aerospace Industries, Space Systems, Ankara / Turkey

Prof.Dr. Olcay Ersel CANYURT[3]

[3]Gazi University, Faculty of Engineering, Ankara / Turkey, canyurt@gazi.edu.tr - 0000-0003-3690-6608

ABSTRACT

This paper addresses a 1:1-scale dummy approach that preserves the geometry and interface of the flight hardware to reduce risks in dynamic verification, using a finite-element and random-vibration–based workflow. The dummy was iteratively optimized to match the real equipment's mass properties with deviations of 0.2% in mass; 0.2% in center of gravity (X/Y) and 0.1% in Z; and 4.3% in Ixx, 1.8% in Iyy, and 0.8% in Izz. The numerical model employed a TET10 (quadratic tetrahedral) solid mesh for the body, an RBE2 (Rigid Body Element, form 2) interface representation, a CBUSH (connection bushing) flexible-joint idealization, and an assumed damping ratio of $\zeta \approx 2.5\%$. Modal solutions were obtained and the first natural frequency was identified. On the PSD (Power Spectral Density) side, FRF- (Frequency Response Function) based analysis was performed using input spectra defined by breakpoints for horizontal (X/Y) and vertical (Z) axes. Band contributions were decomposed from RMS (Root Mean Square) acceleration distributions and cumulative RMS–frequency curves. The verification strategy is to conduct a resonance survey, followed by a random vibration test, and then a post-test resonance survey to enable test–analysis correlation. Correlation metrics will include frequency deviation, mode-shape similarity, and response PSD overlap. The results indicate that the numerical model built with a dummy matching the interface and mass properties provides a traceable and repeatable basis for subsequent experimental validation.

Keywords: Dummy Model, Structural Analysis, Random Vibration, Validation

[1] This work is derived from the first author's unpublished master's thesis. ORCID NO: 0000-0002-0499-1695

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. INTRODUCTION

Broadband mechanical vibrations occurring during launch have a decisive impact on the structural integrity and functional reliability of space systems. Accordingly, to verify dynamic compliance without jeopardizing the flight configuration, a 1:1-scale dummy approach that preserves the geometry and interfaces while representing the real equipment's mass properties is increasingly preferred in the literature. The use of a dummy enables controlled matching of key quantities—mass, center of gravity, and moments of inertia—that govern the structural response, without straining production and integration schedules, thereby establishing a safer verification pipeline for subsequent analysis-and-test steps [1–3]. Consequently, modal analysis is important for predicting natural frequencies and mode shapes; for observing the influence of interface representation—such as joint layout and tightening conditions—on the dynamics; and for identifying the peak regions to be tracked in forthcoming resonance surveys [4, 5]. In parallel, random vibration analysis provides an assessment of the expected RMS responses and band contributions under prescribed input spectra, and directly supplies inputs to the design of forthcoming random vibration tests [6, 7]. Studies that strengthen the bridge between dummy design and numerical modeling indicate that, in addition to a realistic representation of the interface and boundary conditions, the mesh layout and numerical sensitivity are also influential [8, 9]. Leveraging this body of knowledge, the present study aims to unite the dummy–model–test triad within a single verification logic [10].

The original contributions of this work can be summarized along three axes. First, beyond preserving geometry and interface at 1:1 scale, an optimization-based process is adopted to achieve a dummy design that closely matches the real equipment's mass properties with high precision, thereby ensuring dynamic similarity not only via mass but also via center of gravity and moments of inertia [2, 3]. Second, the finite element model is constructed with mesh layout and damping assumptions—such as element type and size—targeting an accurate representation of modal properties, and the modeling choices are supported by convergence and sensitivity checks recommended in the literature [5, 8, 9]. Third, the random vibration analyses are conducted with a frequency resolution consistent with the breakpoint structure of the input PSD profiles and by evaluating cumulative RMS-versus-frequency curves. By isolating the contributions of critical bands, a clear verification plan is established for the forthcoming resonance survey and random vibration tests [4, 6, 7]. The verification strategy is to compare the modal and PSD-based indicators obtained from the numerical analyses with the resonance survey and random vibration tests to be performed in later stages, thereby reporting the test–analysis correlation in a systematic manner [3, 10].

2. METHODS

This study follows a workflow based on a 1:1-scale dummy approach to enable dynamic verification without jeopardizing the real equipment's flight configuration. General views of the real equipment and the 1:1-scale dummy configuration is presented in Fig. 1.

The workflow first brings the dummy's mass properties within target tolerances while preserving geometric and interface consistency with the real hardware, and then represents this design with a FEM (Finite Element Model). Subsequently, the mesh layout and modeling assumptions are reviewed for sensitivity and stability. Random vibration analysis is performed

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

under the specified input PSD profiles, and band contributions are obtained. In the final stage, a verification plan is prepared based on the resonance survey and random vibration tests to be conducted. The literature emphasizes that, for advanced-stage verifications, the accuracy of interface representation, mesh quality, and optimization-assisted mass–inertia matching are particularly decisive [1-10].

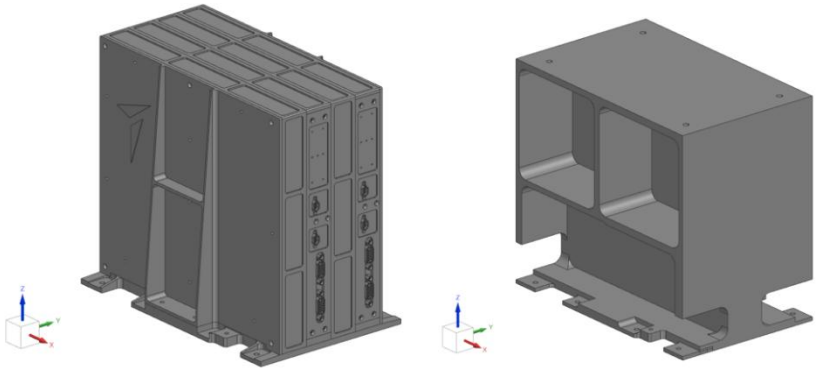


Figure 1. General Views of the Real Equipment and the 1:1-Scale Dummy

2.1. Numerical Model and Mesh Layout

The numerical model is constructed to faithfully reproduce the dummy's 1:1-scale geometry and connection interface within tolerances. Local mesh refinements are applied around interface holes and the mounting surface, and through-thickness layered elements are preferred along the body to ensure sensitivity to bending modes. The mesh layout is secured according to three core principles. First, the target element size in the interface and other critical regions is examined by gradually reducing the global mesh size, and the scale at which natural frequencies and cumulative effective mass percentages converge is selected. Second, while selectively tightening the regions governing the response, unnecessary over-refinements that inflate solution time are avoided. Third, element orientation and distribution are reviewed to be consistent with the expected deformation fields of the first mode shapes, and it is verified that rigid-compatible constraints at the interface do not distort the modal field. This framework is consistent with literature-recommended mesh convergence and sensitivity principles and, in particular, foregrounds the importance of interface representation within the dummy–model–test triad [3, 8, 9]. CBUSH element stiffness values are presented in Table 1. The modeling assumptions, material definitions, and damping approach are addressed together with the random vibration analysis discussed in the next subsection. In this way, the impact of mesh decisions on not only the modal but also the spectral response is assessed jointly [4–7, 10]. Figure 2 shows the mode shape corresponding to the first natural frequency in the Y direction.

Table 1. CBUSH Element Stiffness Values

Description	**Value**
X Translation (K_x)	10^{10} N/mm
Y Translation (K_y)	10^{10} N/mm

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Z Translation (K_z)	10^{10} N/mm
X Rotation per Radian (K_{rx})	10^{12} N.mm/rad
Y Rotation per Radian (K_{ry})	10^{12} N.mm/rad
Z Rotation per Radian (K_{rz})	10^{12} N.mm/rad

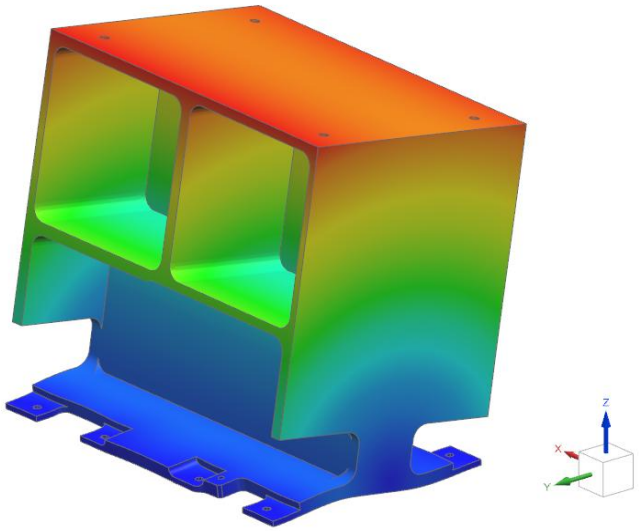


Figure 2. First Natural Frequency Mode along the Y Axis

2.2. Damping and Modal Assumptions

In this study, the structure's dynamic behavior is modeled under linear-elastic, isotropic, and small-deformation assumptions. While preserving the dummy's 1:1-scale geometry and interface conditions, the aim is to obtain a simple yet reliable representation of the parameters that govern natural frequencies, mode shapes, and spectral response. Material properties such as Young's modulus, Poisson's ratio, and density were selected to be consistent with nominal certification data. For damping, a modal-equivalent proportional damping approach was adopted. In this context, a broadband structural damping level of $\zeta \approx 2.5\%$ was applied both as a per-mode constant in the modal solutions and embedded within the FRF-based spectral workflow for the random vibration analysis. The chosen damping level and proportionality assumption help keep the resonance peak bandwidth and RMS response magnitudes realistic in the first modes that dominate the global response. Moreover, to avoid over-damping that could mask artificial stiffness effects at high frequencies arising from mesh and interface simplifications, the damping was kept moderate. The selections of damping and interface stiffness are grounded in experiential practice consistent with test–analysis validation studies reported in the literature. Mesh quality and density were assessed concurrently through sensitivity analyses. In addition, it was confirmed that the first natural frequencies, effective mass distributions, and cumulative RMS-versus-frequency contributions under PSD loading do not exhibit excessive dependence on modeling parameters [3–5, 8, 9]. This framework is

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

aligned with dummy-based workflows that prioritize matching mass properties and interface fidelity, and it provides direct inputs to the test–analysis validation to be carried out via resonance survey and random vibration testing at later stages [2, 6, 7, 10].

2.3. Random Vibration Analysis

The random vibration solution was carried out in the spectral domain under the assumption of a time-invariant system. On the input side, piecewise log-defined PSD profiles representing the shaker table environment were generated separately for each axis (in-plane: X/Y; out-of-plane: Z). Power-law interpolation was used between each pair of frequency breakpoints. In this way, while preserving the peak and plateau characteristics visible in the curves, leakage and sampling bias during numerical integration were minimized [6, 7]. The input profiles were fed into an FRF-based modal superposition scheme, the complex frequency response was computed for each mode, and response PSDs were obtained at both node and element levels. This workflow renders the dynamic effects of the target mass-property matching in the dummy design visible in a simple yet reliable manner, and it directly supplies inputs for the isolation of focus bands in the forthcoming resonance survey and random vibration tests [1–3].

To strengthen numerical accuracy, the modal model and mesh were treated jointly. The use of TET10 solid elements in the volume and local refinements around the interface helped limit artificial stiffness–compliance errors in predicting the frequencies and shapes of the first few modes. Using two elements through the thickness improved the representation of bending strain [8, 9]. At the interface, a CBUSH + RBE2 idealization gathered the six degrees of freedom of the bolt–plate joint into a physically meaningful single reference node, improving both the smoothness of modal FRFs and numerical stability at high frequencies. For damping, a modal-equivalent proportional scheme commonly used in practice was adopted and kept around $\zeta \approx 2.5\%$, so that resonance peak bandwidths and RMS response magnitudes remained within realistic ranges [4, 5]. To observe the combined effect of mesh/boundary conditions and damping selections, convergence and sensitivity checks were conducted using element-size reductions and interface-stiffness variations. Metrics tracked included the relative differences in the first natural frequencies, mode-shape similarity, and the shifts of cumulative RMS contributions across bands. These checks provide systematic assurance of the predictive reliability of the numerical model prior to the experimental validation to follow [4, 10].

In conclusion, this section, from an analysis-only perspective, numerically justifies the dummy-model design decisions from a dynamic standpoint and offers a traceable set of outputs ready for the test–analysis validation to be performed via resonance survey and random vibration testing in subsequent stages [1–3, 10]. The in-plane (X, Y) input and out-of-plane (Z) PSD breakpoint graphs are shown in Figures 3 and 4.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

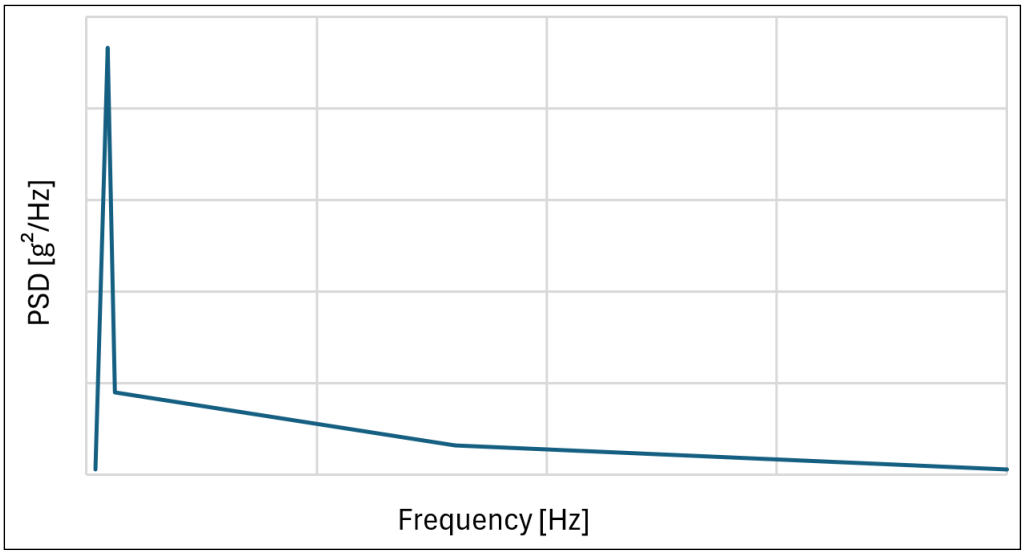


Figure 3. In-Plane (X, Y) Input PSD Breakpoints

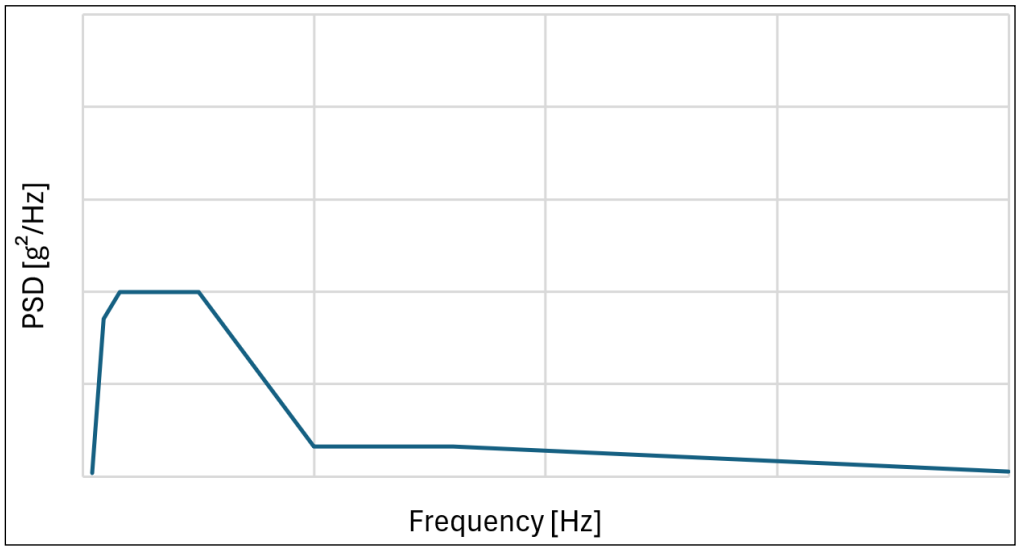


Figure 4. Out-of-Plane (Z) Input PSD Breakpoints

2.4. Dummy Design and Mass Optimization

In this study, the dummy was designed to preserve, one-to-one, the flight hardware's geometric body, connection interface, and hole pattern. The design objective was defined as matching the real equipment's mass properties within tolerances. A multi-objective approach was adopted and, as a result, deviations were achieved of 0.2% in mass; 0.2% in center of gravity along X, 0.2% along Y, and 0.1% along Z; and 4.3% in I_{xx}, 1.8% in I_{yy}, and 0.8% in I_{zz}. At each iteration, the mass properties automatically extracted from CAD and FEM, together with interface consistency, were evaluated, and the variables were updated according to the direction in which the deviations decreased. This loop was conducted with due regard to manufacturing and assembly constraints such as geometric and minimum wall thickness limits, tool accessibility,

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

and hole edge margins. After meeting the mass and center-of-gravity targets, the moment-of-inertia refinement was completed through fine adjustments. To enable direct comparability with the forthcoming modal and random vibration validations, the interface was represented in the numerical model by an equivalent kinematic coupling. As the manufacturing method, monolithic machining from solid stock was selected. While this choice eliminates compliance differences arising from additional joints and fasteners in the connection regions, it was recorded in the risk register due to the potential for residual stress accumulation. Throughout the design–analysis loop, the mesh layout and modeling assumptions were held fixed so that the effects of the variables could be monitored in isolation. Convergence decisions were made by observing the stabilization of the first natural frequencies and cumulative effective mass percentages. This integrated workflow aims to obtain a manufacturable solution that ensures mass and inertia similarity between the dummy and the flight hardware, and to produce analysis-based, explicit hypotheses for the resonance survey and random vibration tests to be performed subsequently [1–10].

2.5. Validation Strategy

The validation scheme of this study rests on a systematic comparison of the modal and random-vibration outputs obtained from the numerical model with the resonance survey and random vibration tests to be conducted at later stages. In the first step, natural frequencies, mode shapes, and effective mass distributions from the modal analysis are recorded. These records enable the prior selection of peak regions and directional contributions along X, Y, and Z to be tracked during the test-phase resonance surveys [4, 5]. In the second step, response PSDs, cumulative RMS–frequency curves, and sensor-point reports produced by the PSD-based analysis provide inputs to the design of measurement locations and band focuses to be used in testing [6, 7]. In this way, the test program is structured not merely as a general sweep, but as a validation sequence targeting mode and band hypotheses pre-flagged by the analysis. The measurement chain, sensor placement, and cable routing are arranged accordingly [3, 10].

Comparison metrics will be executed along three dimensions. First, peak lists from the resonance surveys are matched to analytical modes using frequency deviation and mode-shape similarity. Second, interpretations account for the principal directions of modal effective mass and the specifics of interface representation [3, 8, 9]. Third, all comparisons are performed at identical sensor points, with the same band limits and frequency resolution, to ensure traceability [8, 9].

3. RESULTS AND EVALUATION

The analysis outputs obtained in this study corroborate the modeling choices aimed at a reliable representation of the dynamic behavior while preserving the 1:1 dummy’s mass-property matching. Modal analysis was performed for the modes, and the first natural frequency was found to occur in the Y direction. The first natural frequency satisfies the design target of “positioning the first mode within the required band.” The effective mass participation indicates that, in the first band, the principal direction is concentrated along the Y axis. The interface

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

idealization with RBE2 and CBUSH, together with local mesh refinements around the holes, was selected so as not to inject artificial stiffness or compliance into the predicted frequencies and mode shapes of the first modes. This is important for effective-mass–based prioritization and for flagging the peak regions to be tracked during upcoming resonance surveys [3–5].
In conclusion, the analysis findings show that the 1:1 dummy approach—preserving geometry and interface matching—produces mode and band hypotheses that feed directly into the test plan. On the modal side, frequency and effective mass information pre-identifies the peak regions to be monitored in resonance surveys. On the spectral side, cumulative RMS–frequency curves form a rational basis for sensor placement and notching decisions in future random vibration tests [3, 6, 7].

4. OVERALL ASSESSMENT AND CONCLUSIONS

This study integrates a 1:1-scale dummy approach on the path to dynamic verification of flight hardware with an iterative, mass-property–matching design and a numerical (FEM) analysis workflow, thereby producing a modal- and random-vibration–based body of evidence under a monolithic body and true interface match. By reporting evaluations at sensor-equivalent points, a directly comparable and traceable output set has been prepared for the resonance survey and random vibration tests to be conducted in subsequent phases [3, 6, 7, 10].
The findings indicate that RMS contributions cluster distinctly within the target bands governed by the first natural frequency. This confirms the importance of preserving the 1:1 interface and body geometry in shaping the dynamic response. The applied model, inevitably, rests on certain assumptions: the material and structural response are modeled as linear-elastic, isotropic, and small-deformation, with a specified damping level. In addition, fixing CBUSH stiffnesses and employing simplified boundary conditions limits the level of detail for local phenomena that arise at higher frequency ranges [4, 5]. Moreover, because mesh sensitivity was checked with a limited number of convergence steps, additional local refinements at very fine scales are recommended [8, 9]. Within this framework, future work is planned as follows: modal correlation based on frequency deviation and mode-shape changes via resonance surveys; on the response side, PSD overlay comparisons with limited model updating; targeted mesh convergence around the interface and fixturing; and parametric sensitivity sweeps [3, 6, 7, 10].

REFERENCES

[1] Arslan, İ., *Topology Optimization of Cable Support and Elevation Components Used in Space and Aeronautical Structures*, Master's Thesis, Gazi University, Ankara, 2025.

[2] Gürsoy, B., *Experimental and Computational Analysis of a Ringing Plate Pyroshock Test System*, Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2021.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[3] Çekiç, A., *Improvement of Finite Element Model by Using Sine Vibration Test Results of a Communication Satellite*, Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2021.

[4] Demir, M. E., *Shock Analysis of an Antenna Structure Subjected to Underwater Explosions*, Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2015.

[5] Menteş, E., *Structural Analysis and Design of Composite 3U CubeSats*, Master's Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, 2015.

[6] Özbaş, H. A., *Electronic Hardware Integration and Structural Analyses via a Systems Engineering Approach*, Master's Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, 2022.

[7] Qaumi, T., *Numerical and Experimental Modal Analysis of a 1-Stage Rocket Aerostructure*, Doctoral Dissertation, Toronto Metropolitan University, Toronto, 2023.

[8] Öztürk, M., *Finite Element Structural Model Updating By Using Experimental Frequency Response Functions*, Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2009.

[9] Küçükbayram, A. İ., *Analysis and Verification of a Pyroshock Test System*, Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2021.

[10] Bilgili, D., *Modeling, Analysis, and Experimental Validation of Electric Motor Vibrations*, Master's Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, 2018.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EVALUATION OF COLOR AND FASTNESS PROPERTIES OF NATURAL DYED FABRICS USING *TERMINALIA CHEBULA* BIOMORDANT

Dr. Nur Kılınç
Giresun University, nur.kilinc@giresun.edu.tr- 0000-0003-4494-5084
Ass.Prof. Mehmet Kılınç
Giresun University, m.kilinc@giresun.edu.tr- 0000-0001-9129-5251

ABSTRACT

Natural dyeing is an important step in environmentally friendly and sustainable production approaches in the textile industry. By using natural pigments obtained from plants, fruits, shells, and roots, environmental pollution caused by synthetic chemicals can be significantly reduced. This approach minimises energy consumption and toxic waste formation by supporting the use of renewable resources. Furthermore, the use of biomordants makes dyeing processes more sustainable both ecologically and economically. In this study, cotton-polyester blended fabrics were mordanted with *Terminalia chebula* (myrobalan) at different concentrations using a biomordant and dyed with *Curcuma longa* L. (turmeric) extracts at various concentrations. The effects of biomordant use on colour properties in natural dyeing applications were evaluated. In addition, the rubbing and washing fastness of the dyed fabrics were examined. CIELAB colour parameters (L*, a*, b*, C*, h°) and colour intensity (K/S) values were analysed to assess differences in hue, saturation, and colour intensity between samples. Chroma (C*) values increased in direct proportion to the amount of extract and *Terminalia chebula* biomordant, ranging from 62 to 68 at certain concentrations. This value highlights the brightness of the dyed fabrics. The hue angle, ranging from 81 to 94°, indicates that all dyed fabrics have yellow tones. K/S values generally showed an increasing trend with higher dye ratios. For rubbing fastness, dry rubbing fastness was found to be 4–5 in all samples. The fastness values demonstrate that plant-based dyes are environmentally friendly and provide acceptable colour fastness. The results reveal that the combination of Terminalia chebula and *Curcuma longa* L. can be effective in controlling colour tone, brightness, and saturation in the natural dyeing process. These findings show that natural dyeing with Terminalia chebula biomordant is not only an ecologically sustainable method, but also provides satisfactory colour fastness and aesthetic quality.

Keywords: Natural Dyeing, Sustainibility, Biomordant

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Terminalia chebula Biyomordanı Kullanılarak Doğal Boyanmış Kumaşların Renk ve Haslık Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Dr. Nur Kılınç
Giresun Üniversitesi, nur.kilinc@giresun.edu.tr- 0000-0003-4494-5084

Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Kılınç
Giresun Üniversitesi, m.kilinc@giresun.edu.tr- 0000-0001-9129-5251

ÖZET

Doğal boyama, tekstil endüstrisinde çevre dostu ve sürdürülebilir üretim yaklaşımlarının önemli adımlarından biridir. Bitkiler, meyveler, kabuklar ve köklerden elde edilen doğal pigmentler sayesinde, sentetik kimyasalların neden olduğu çevresel kirlilik önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Bu durum, yenilenebilir kaynakların kullanımını destekleyerek enerji tüketimini ve toksik atık oluşumunu minimuma indirmektedir. Ayrıca biyomordan kullanımı, boyama süreçlerini hem ekolojik hem de ekonomik açıdan daha sürdürülebilir hale getirir. Bu çalışmada, pamuk polyester karışımlı kumaşlar biyomordan kullanılarak farklı konsantrasyonlarda *Terminalia chebula* (Kara Halile, myrobalan) ile mordanlanmış ve farklı konsantrasyonlarda *Curcuma Longa* L (zerdeçal) ekstraktları kullanılarak boyanmıştır. Biyomordan kullanımının doğal boyama uygulamalarında renk özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca boyanan kumaşların sürtme ve yıkama haslıkları incelenmiştir. CIELAB renk parametreleri (L*, a*, b*, C*, h°) ile renk şiddeti (K/S) değerleri analiz edilerek numuneler arasındaki ton, doygunluk ve renk yoğunluğu farklılıkları değerlendirilmiştir. Kroma (C*) değerleri ekstrakt ve *Terminalia chebula* biomordan miktarıyla doğru orantılı bir şekilde artmıştır ve bazı konsantrasyonlarda 62-68 arasında değişmektedir. Bu değer boyanan kumaşların parklaklığını vurgulamaktadır. Hue açısının 81–94° aralığında seyretmesi tüm boyalı kumaşların sarı tonlarda olduğunu kanıtlamaktadır. K/S değerleri ise boyarmadde oranının artışıyla genel olarak artma eğilimi göstermiştir. Sürtme haslığı değerlerinde tüm numunelerde kuru sürtme haslığı 4-5 olarak bulunmuştur. Haslık değerleri, bitkisel kökenli boyar maddelerin çevre dostu olmasının yanı sıra kabul edilebilir düzeyde renk dayanımı sağladığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, *Terminalia chebula* ve *Curcuma Longa* L kombinasyonlarının doğal boyama sürecinde renk tonunu, parlaklığını ve doygunluğunu kontrol etmede etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, *Terminalia chebula* biyomordanı ile yapılan doğal boyamanın yalnızca ekolojik açıdan sürdürülebilir bir yöntem olmadığını, aynı zamanda tatmin edici renk dayanımı ve estetik bakımdan da kalite sağladığını da ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğal Boyama, Sürdürülebilirlik, Biyomordan

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. INTRODUCTION

Textile dyeing is one of the processes in the global manufacturing industry that consumes the largest amount of chemicals. Currently, more than 10,000 different types of colourants are used in textile production, and it is estimated that over 700,000 tonnes of synthetic dyes are consumed annually worldwide (Chowdhury et al., 2025; Makvandi et al., 2021). Synthetic dyes are widely used in the textile industry because of their broad range of colours and ease of application. However, these dyes are often criticised for their carcinogenic properties and the serious water pollution they cause. Approximately 200,000 tonnes of dyes are discharged into the environment as waste each year. This increases the environmental burden of dyeing processes and leads to water pollution and toxic waste formation due to the accumulation of biologically non-degradable waste (Tegegne et al., 2024). Natural dyes are becoming increasingly popular due to their unique characteristics, such as being inexpensive, adaptable to various applications, and derived from natural sources using sustainable and environmentally friendly methods. With increasing pressure from international environmental organisations such as the Food and Agriculture Organization (FAO), the Environmental Protection Agency (EPA), and the Global Organic Textile Standard (GOTS), along with growing environmental awareness among consumers, natural dyeing practices have gained global attention in recent years. (Parvinzadeh et al., 2014; Kiumarsi et al., 2016; Adeel et al., 2019; Korkmaz et al., 2023).

Today, natural dyes can be produced from the flowering parts, roots, stems, or leaves of plants. Additionally, natural dyes can be derived from animals or minerals (Cuce et al., 2022). In the literature, plant-based colourants include *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Curcuma longa* L., *Lawsonia inermis* L., *Indigofera tinctoria* Linn., *Rubia tinctorum* L., *Camellia sinensis* (L), *Justicia carnea* L., *Crocus sativus* L., *Punica granatum* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Phytolacca decandra* L., *Vaccinium corymbosum* L., *Polygonum cognatum* Meissn., and *Rosa canina* L. Animal-derived colourants include *Laccifer lacca* Kerr and *Dactylopius coccus* Costa. Red and top clay are reported as mineral-derived colourants (Kılınç et al., 2025).

Substances that enhance the durability and fastness of colors by forming chemical bonds between dyes and fibers are called mordants. Metal salts are commonly used mordants, but due to ecological concerns, plant-based biomordants have emerged as a sustainable alternative in recent years. The most frequently used biomordants in the literature include plant sources such as pomegranate peel, acacia, tannic acid, myrobalan, turmeric, oak, henna, lemon, tamarind, and aloe vera. The interaction of biomordants with natural dyes has been found to improve colour yield and fastness properties, while also contributing to environmentally friendly and sustainable green textile production processes (Benli, 2024).

Ahire et al. (2024) found that turmeric extract, with its curcumin content, imparted yellow-orange tones to fabrics, showing colour differences depending on the type of mordant and pH. Light fastness was determined to be at a level of 3–4, and its natural antibacterial property provided additional functionality to the fabrics. Its environmentally friendly structure has yielded successful results as a sustainable natural dye on cotton fabrics. Islam et al. (2025)

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

reported that tannin-rich plants such as Rhus coriaria, Eucalyptus, Terminalia chebula, and Quercus castaneifolia can be effectively used to increase the colour fastness (K/S), wash fastness, and tensile properties of dyed fabrics.

In this study, the changes in CIELAB colour parameters and fastness values of cotton/polyester fabrics mordanted with different concentrations of Terminalia chebula (myrobalan) and dyed with different concentrations of Curcuma longa L. (turmeric) extracts were examined.

2.MATERIAL AND METHOD

2.1 Material

Cotton/polyester (75/25) fabric was used in the studies. Fabric properties are given in Table 1.

Table 1. Fabric Properties

Properties	Cotton/Polyester(75/25%)
Fabric construction	Plain weave 1/1
GSM (g/m^2)	110
Ends per inch (cm^{-1})	24
Picks per inch (cm^{-1})	16
Warp count (Nm)	30
Weft count (Nm)	60

2.2. Mordanting

The samples were pre-mordanted. Terminalia chebula biomordant was used at concentrations of 5%, 15%, and 25% for the mordanting process. The amount of mordant was determined based on the sample weights. The mordanting process was conducted at 100°C for 1 hour.

2.3. Dyeing

Dye concentrations were calculated based on fabric weight, and three concentrations—1%, 3%, and 5%—were used during the dyeing process. Cotton fabrics were dyed in pure water at a 1:50 solution ratio at boiling temperature for 30 minutes. The dyeing was performed using a heated magnetic stirrer. After dyeing, the fabrics were washed in cold water, then in hot (boiling) water, and finally in cold water again to remove any unbound dye. The dyed fabrics were then left to dry at room temperature. The dyeing process is shown in Figure 1.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

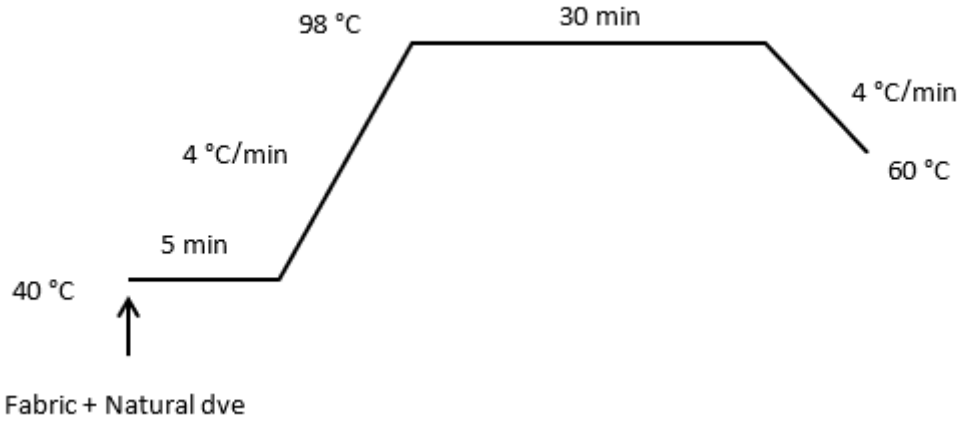


Figure 1. Dyeing process

2.4. Color Measurement

Colour measurements of painted fabric samples were performed using a Konica Minolta CM-3600d spectrophotometer. Measurements were made under a D65 light source and 10° standard observer conditions. The percentage reflectance (R) values in the visible range (400–700 nm) were obtained and converted to colour intensity (K/S) values using the Kubelka–Munk equation (Equation 1).

$$K/S = (1-R)^2/ 2R \quad (1)$$

In addition to colour intensity measurements, the CIELAB colour coordinates of the samples were determined. In this context, L* (lightness: 0 = black, 100 = white), a* (positive = red, negative = green), and b* (positive = yellow, negative = blue) values were measured. Additionally, the C* (chroma: 0 = dull, 100 = vivid) parameter was used to evaluate colour saturation.

2.5 Fatness Tests

Washing and rubbing fastness tests were performed on dyed fabrics. Fastness tests were conducted in accordance with ISO 105-C06 (A1S) and ISO 105-X12 standards. The washing fastness test was performed at 40°C for 30 minutes in accordance with ISO 105-C06 A1S.

3.RESULTS

Colour measurements taken from the dyed samples show that the lightness value decreases during the dyeing process. The standard fabric has the highest lightness value, while the sample coded 5% TC+ 10% CL has the lowest. Compared to samples dyed without mordant, the lightness values of mordanted and dyed samples are lower. However, there is generally no significant change in lightness values with increasing mordant amount. This can be clearly seen in Table 2 and Figure 2. In particular, clusters are visible in Figure 2.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

According to the a* values, samples dyed without mordant have more green nuances. In biomordanted samples, this green nuance decreases as the concentration increases. Table 2 and Figure 3 show that increasing the biomordant and dye amounts causes the sample to shift towards red tones.

Table 2. Color values of dyed fabrics

Sample	L*	a*	b*	C*	h°	λ	**K/S**
ST	84,0361	1,8552	12,2294	12,3694	81,3739	360	0,77168
%5 TC+%3 CL	78,2127	-2,7800	48,4222	48,5020	93,2858	360	1,55644
%5 TC+%5 CL	78,7967	-0,9737	53,0640	53,0729	91,0512	360	1,78536
%5 TC+%10 CL	77,7935	0,5590	63,5851	63,5876	89,4963	360	2,60922
%15 TC+%3 CL	78,4977	-1,8771	48,0112	48,0479	92,2390	360	1,74000
%15 TC+%5 CL	78,3823	-1,1890	51,9573	51,9709	91,3109	360	1,83534
%15 TC+%10 CL	78,4965	-1,2789	52,0422	52,0579	91,4077	360	1,79803
%25 TC+%3 CL	78,5780	-0,7210	55,2700	55,2747	90,7474	360	1,87376
%25 TC+%5 CL	78,9919	-0,1219	54,4557	54,4558	90,1282	360	1,78397
%25 TC+%10 CL	78,2416	0,7749	62,7765	62,7813	89,2928	360	2,32375
%3 CL	82,7474	-2,7109	33,9854	34,0934	94,5606	360	0,93696
%5 CL	81,0575	-2,2474	61,3524	61,3936	92,0978	360	1,61449
%10 CL	80,3697	-1,0645	68,4655	68,4737	90,8908	360	2,11997

CL= *Curcuma longa*, TC= *Terminalia chebula*, Curcuma longa= Natural dye, Terminalia chebula= Biomordant
L*: Lightness (0 = black, 100 = white), L = Lightness; a* ± = red/green; b* ± = yellow/blue, C* = to vividness-dulness (100 = vivid, 0 = dull),

The C* colour saturation value expresses the brightness, vividness, and intensity of the colour in the sample. The samples display more vivid colours compared to the standard fabric. Generally, colour vividness in the samples increases with higher dye concentration. However, increasing the amount of mordant did not result in significant differences. The highest C* value and the most vivid colour among the samples were observed in the sample coded 10% CL. The h° value, known as the hue angle, is used to determine the region of the colour in the colour space. In terms of h° values, the samples exhibit a greenish-yellow colour.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

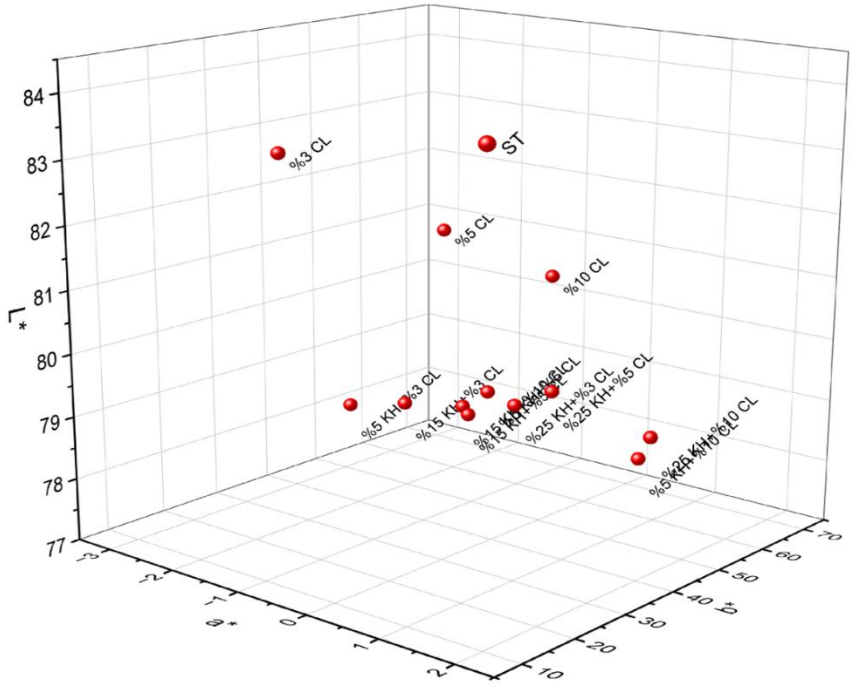


Figure 2. L, a*, and b* values of the fabrics

The highest red colour tone, excluding the standard sample, was observed in the sample coded as 25% TC + 10% CL, while the highest green tone was observed in the sample coded as 5% TC + 3% CL. The b* value is a colour parameter that indicates the transition between yellow and blue in the samples. As shown in Table 2, all samples are in the yellow colour region. An increase in the yellow tone was observed in the samples as the amount of mordant and dye increased, but the highest yellow nuance was seen in the sample with 10% CL.

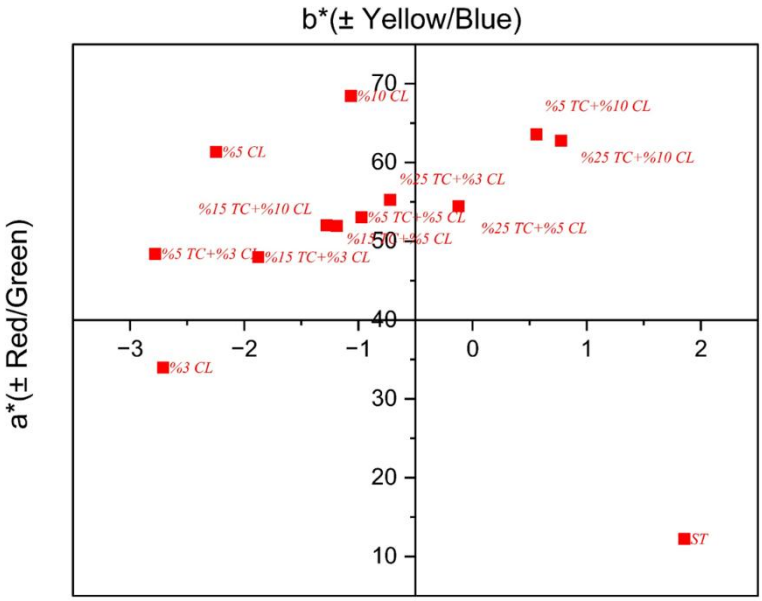


Figure 3. a* and b* values of the fabrics

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

When samples are examined in terms of colour fastness (K/S) value, it is observed that dyed and mordanted samples have higher values than the standard sample. The sample with the highest K/S value is coded as 5% TC + 10% CL. When the K/S values are examined according to changes in dye and mordant amounts, it is seen that increasing the dye amount generally increases the K/S values. Figure 4 also shows that samples with similar dye amounts have similar K/S values.

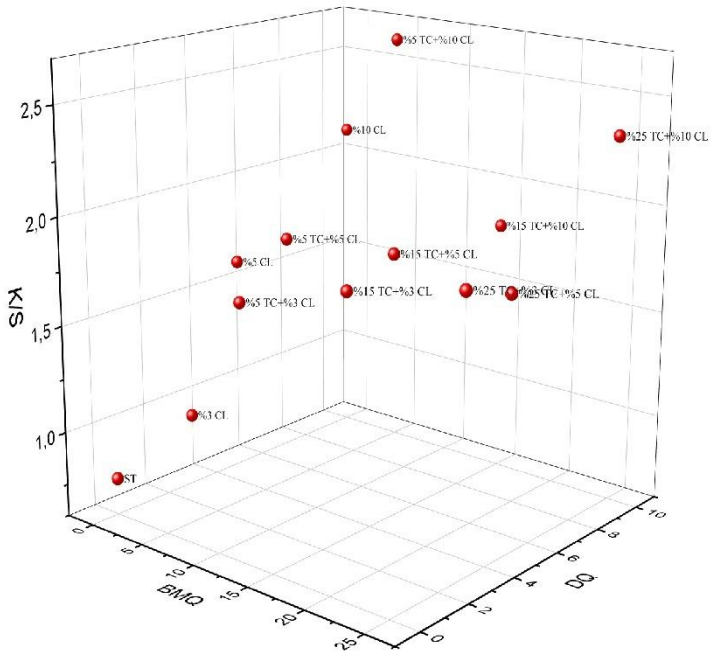


Figure 4. Change in K/S ratio according to the dye quantity (DQ) and biomatter quantity (BMQ) of the fabrics

Rubbing and wash fastness tests were conducted to determine the colour fastness of the samples. Two types of grey scales are used to assess wash and rubbing fastness. One is a 5-point scale, where the lowest fastness value is “1” and the highest is “5.” The other is a 9-point grey scale, which retains the same lowest and highest values as the 5-point scale but includes intermediate values between them, allowing for more precise measurements. In this study, the 9-point grey scale was used. When the samples were evaluated for wet rubbing fastness, a one-step decrease in fastness values was observed with increasing dye quantity in the undyed and 5% dyed samples, while no significant change was noted in the 15% and 25% dyed samples. The highest wet rubbing fastness values were found in the samples coded 3% CL and 5% TC+ 3% CL. Examination of the dry rubbing fastness data shows that the values of the samples are similar and generally good. For wash fastness, fading typically ranges from poor to moderate. The sample coded 5% TC + 10% CL exhibited the lowest fading value among the samples, with a rating of 2. Analysis of the staining data indicates that, except for the 5% mordanted samples, the other samples have acceptable values. The fastness values are presented in Table 3.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Table 3. Colorfastness values of dyed fabrics

	Rubbing Fastness		Color Fastness to washing						
			Color Change	Staining					
	Wet	Dry		WO	PAC	PE	PA	CO	CA
%3 CL	4-5	5	3-4	5	5	5	4-5	5	5
%5 CL	4	4-5	3-4	4-5	5	5	3-4	4	4
%10 CL	3-4	4-5	3-4	5	5	5	3	3-4	3-4
%5 TC+%3 CL	4-5	5	2-3	4	5	5	1-2	3	3-4
%5 TC+%5 CL	4	4-5	2-3	4	5	5	1-2	3	3-4
%5 TC+%10 CL	3-4	4-5	2	4	5	5	1-2	3	3-4
%15 TC+%3 CL	4	5	3	4-5	5	5	3	4	4
%15 TC+%5 CL	4	5	3	4-5	5	5	3	4	4
%15 TC+%10 CL	4	5	3	4-5	5	5	3	4	4
%25 TC+%3 CL	3-4	4-5	3-4	5	5	5	3-4	4	4
%25 TC+%5 CL	4	5	3-4	5	5	5	3-4	4	4
%25 TC+%10 CL	3-4	4-5	3-4	4-5	5	5	3	3-4	3-4
CL= *Curcuma longa*, TC= *Terminalia chebula*, Curcuma longa= Natural dye , Terminalia chebula= Biomordant									

Wo Wool, PAC Polyacrylic, PE Polyester, PA Polyamide, Co Cotton, CA Cellulose diacetate

4.CONCLUSION

This study has shown that Terminalia chebula can be effectively used as a natural biomordant in combination with Curcuma longa L. (turmeric) to achieve sustainable and aesthetically successful dyeing results on cotton fabrics. Increasing the concentrations of the biomordant and natural dye extract led to significant improvements in chroma (C*) and colour intensity (K/S) values, resulting in bright and saturated yellow tones in the range of 81°–94°. Colour measurement results demonstrate that fabrics display more vibrant, deeper, and more uniform yellow tones, especially at high dye concentrations. Abrasion and wash fastness results indicate that the application is suitable for practical use. While dry rubbing fastness was high (4–5) in all samples, washing fastness values generally showed moderate to good performance. Overall, the combination of Terminalia chebula biomordant and Curcuma longa L. dye stands out as an environmentally friendly, non-toxic, and renewable alternative to traditional chemical mordants and dyes. This approach is expected to make a significant contribution to green textile production and sustainable dyeing technologies, as well as improving the aesthetic and functional properties of fabrics.

References

Kiumarsi, A., Parvinzadeh Gashti, M., Salehi, P., et al. Extraction of dyes from Delphinium zalil flowers and dyeing silk yarns, The Journal of The Textile Institute, 108, 2016, 66–70.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Ahire, B., Kasabe, S.M., Mali, A.B., Jadhav, V.R. Development of a sustainable dyeing process for cotton fabric utilizing natural dyes from Punica granatum L. and Curcuma longa, Current World Environment, 19, 2024, 137.

Benli, H. Bio-mordants: a review, Environmental Science and Pollution Research, 31, 2024, 20714–20771.

Cuce, M., Kilinc, M., Kilinc, N., Tekin, A., Kut, D. Color, fastness, and antimicrobial properties of wool fabrics dyed with Helichrysum arenarium subsp. aucheri extract, Journal of Natural Fibers, 19, 2022, 797–809.

Kilinc, M., Cuce, M., Kilinc, N., Tiritoğlu, M., Kut, D. Comparison of biomordant and chemical mordant on the color, fastness, and antimicrobial properties of wool fabrics dyed with Juglans regia waste product, Fibers and Polymers, 2025, 1–17.

Parvinzadeh Gashti, M., Katozian, B., Shaver, M., et al. Clay nanoadsorbent as an environmentally friendly substitute for mordants in the natural dyeing of carpet piles, Coloration Technology, 130, 2014, 54–61.

Makvandi, P., Iftekhar, S., Pizzetti, F., Zarepour, A., Zare, E.N., Ashrafizadeh, M., Rossi, F. Functionalization of polymers and nanomaterials for water treatment, food packaging, textile and biomedical applications: a review, Environmental Chemistry Letters, 19, 2021, 583–611.

Adeel, S., Zia, K.M., Abdullah, M., et al. Ultrasonic assisted improved extraction and dyeing of mordanted silk fabric using neem bark as source of natural colourant, Natural Product Research, 33, 2019, 2060–2072.

Islam, S., Jalil, M.A., Motaleb, K.A., Saeed, M.A., Belowar, S., Rahamatolla, M., Khan, A.N. Toward a greener fabric: innovations in natural dyes and biomordants for sustainable textile applications, Sustainability and Circularity NOW, 2, 2025, continuous publication.

Chowdhury, T.A., Khandaker, J.I., Gafur, M.A., Repon, M.R., Islam, M.K., Hossain, A., Mollick, S. Biomordant assisted natural dyeing of cellulosic fibre: a greener approach, Materials Research Innovations, 29, 2025, 27–34.

Tegegne, W., Haile, A., Zeleke, Y., Temesgen, Y., Bantie, H., Biyable, S. Natural dyeing and antibacterial finishing of cotton fabric with extracts from Justicia schimperiana leaf extract: a step towards sustainable dyeing and finishing, International Journal of Sustainable Engineering, 17, 2024, 52–61.

Korkmaz, G., Kilinc, M., Kilinc, N., Kut, Y.D. The role of surface modification methods for sustainable textiles, In Roadmap to Sustainable Textiles, IntechOpen, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KENTSEL KATI ATIKLARIN YÖNETİMİ VE BİYOGAZ ÜRETİMİ

Kağan Samet GÖK
Karabuk Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği
kagansametgok@gmail.com
Mehmet Volkan AKSAY
Karabuk University Makina Mühendisliği
volkanaksay@karabuk.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-7393-8089

Özet

Artan enerji ihtiyacı, fosil yakıt kullanımını artırmakta ve bunun sonucunda sera gazı emisyonları ve çevresel sorunlar büyümektedir. Fakat fosil enerji kaynaklarının çevre üzerinde yarattığı tahribatlar oldukça ciddidir. Bu nedenle sürdürülebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelim kaçınılmazdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil enerji kaynaklarına göre çevre üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiler. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerji gibi çevre dostu ve tükenmeyen seçenekleri içermektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı enerjide dışa bağımlı olan ülkelerin bağımlılığını azaltmada önem arz etmektedir Özellikle biyogaz üretimi, evsel ve organik atıkların değerlendirilmesiyle hem enerji ihtiyacını karşılamakta hem de atık yönetimine katkı sağlamaktadır.

Kentsel katı atıklardan biyogaz üretimi, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve enerji arz güvenliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu atıklardan elde edilen biyogaz, kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleriyle elektrik, ısı ve hatta soğutma amaçlı kullanılabilmektedir. Dünyada birçok belediye, kentsel atıklardan enerji üretimini yaygınlaştırarak hem yerel enerji üretim kapasitesini artırmakta hem de sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, kentsel katı atıkların enerjiye dönüştürülmesi çevresel faydalarının yanında ekonomik ve stratejik bir değer taşımaktadır. Gerekli yatırımlar ve teknolojik gelişmelerle biyogaz, gelecekte şehirlerin yenilenebilir enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol üstlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Biyokütle Enerjisi, Biyogaz, Kentsel Katı Atık.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1.GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için önemli bir maddi temeldir. Son yıllarda, dünya çapında enerji sıkıntısı ve çeşitli ülkelerin çevre korumaya olan ilgisinin artmasıyla birlikte, aşırı sömürülen yenilenemeyen enerjinin yerini alacak yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve araştırılması, hükümetlerin kaynak kullanımında ortak kalkınma yönü haline gelmiştir. [1]

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler, küresel ısınma ve iklim değişikliğinde önemli çevresel etkileri olan fosil yakıt kullanımında katlanarak artışa neden olmuştur. [2] Fosil yakıtlar sürdürülebilir olmamasına ve ciddi sağlık sorunlarına yol açmasına rağmen, enerji sektörünün hala ana etkenidir. [3]

Fosil yakıtların yakılması, küresel iklim değişikliğinin temel itici güçlerinden biri olan artan karbondioksit emisyonlarına büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ek olarak, bu yakıtların çıkarılması ve tüketilmesi önemli biyolojik çeşitlilik kaybına ve yaygın kirliliğe yol açarak gezegenimizin ekosistemlerinin sağlığı ve istikrarı için varoluşsal bir tehdit oluşturmaktadır. [4]

Fosil yakıtların yakılması, atmosfere büyük miktarda sera gazı, özellikle karbondioksit salınmasına neden olur; bu gazlar ısıyı hapsederek küresel sıcaklıkların yükselmesine neden olur. Sıcaklıktaki bu artış, daha yoğun ve sık kasırgalar, kuraklıklar, sıcak hava dalgaları ve yoğun yağışlar gibi bir dizi şiddetli hava olayına yol açmıştır. Ayrıca, ısınma kutuplardaki buzulların ve buzulların erimesine katkıda bulunarak deniz seviyelerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Bu artış, kıyı toplulukları ve ekosistemleri için bir tehdit oluşturarak sel ve erozyonun artmasına yol açmıştır. Sıcaklık düzenlerindeki değişiklik aynı zamanda doğal ekosistemleri ve yaban hayatını da bozarak biyolojik çeşitliliği ve çeşitli yaşam alanlarının dengesini etkilemiştir. [4]

Son birkaç on yılda, enerji üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları atmosferde katlanarak artmıştır. [5] Bu nedenle, güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal ve hidrojen enerjisi gibi yenilenebilir enerji (YE) teknolojileri, mevcut çevre krizini aşmak için elektrik üretimi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. [6]

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Çevre dostu özellikleri ve hava kirletici emisyonları sıfır veya neredeyse sıfır olan enerji üretme kabiliyetleri nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları, toplumda temiz çevre bilincinin artmasıyla giderek daha fazla ilgi görmektedir. [7]

Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütleden elde edilen biyoenerji gibi yenilenebilir kaynaklar, elektrik üretimi, ulaşım, evsel kullanım ve bölgesel ısıtma için kullanılmakta ve böylece enerji güvenliğini artırmaktadır. Biyokütle, yenilenebilir enerjinin en yaygın biçimidir; küresel bulunabilirliği nedeniyle büyüme potansiyeline sahip olduğuna inanılmaktadır. [8]

2. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, tüm canlı bitki ve hayvanları içerir. Biyokütle, tarihsel olarak, başta yemek pişirme, ısınma ve küçük ev endüstrileri olmak üzere, küresel enerjinin ana kaynağı olmuştur. Güçlü bir canlanma yaşayan biyokütle, şu anda çok sayıda uygulamada kullanılmaktadır. Dünya enerjisinin %10 ila %14'ünü sağlayan biyokütle, %30 ila %40'ın üzerinde bir potansiyele sahiptir ve tüm enerji senaryolarının ayrılmaz bir parçasıdır. Biyokütle enerjisi, elektrik, ısı ve ulaşım yakıtları gibi modern ve geleneksel birçok enerji, çevre ve sosyoekonomik fayda sağlamaktadır. [9]

Biyokütle, insan faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların önemli bir bölümünü oluşturur ve genellikle yavaş ve kontrolsüz doğal bozunma için çevreye atılır. [10] Biyokütle, çeşitliliği, bolluğu ve bulunabilirliği nedeniyle günlük enerji ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır . Gazlaştırma, atık biyokütleden sentez gazı, ısı, elektrik, biyoyakıtlar ve kimyasallar gibi bir dizi ürün üretebilen çok işlevli ve çevre dostu bir teknolojidir. [11]

2.1 Biyokütle Hammadde Kaynakları

Biyokütle hammaddeleri, biyoenerji üretiminin temel hammaddeleri olarak işlev görür ve fosil yakıtlara yenilenebilir ve sürdürülebilir bir alternatif sunar. Bu malzemeler, bitkiler, tarımsal atıklar, ormancılık yan ürünleri ve atık malzemeler gibi çok çeşitli kaynakları kapsayan organik maddelerden elde edilir. [12] Biyokütlenin doğasında bulunan çok yönlülük, yanma, fermantasyon ve gazlaştırma gibi süreçler aracılığıyla ısıl enerji, elektrik ve sıvı biyoyakıtlar

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

dahil olmak üzere çeşitli enerji türlerine dönüştürülmesini mümkün kılar. Biyokütle hammaddelerinin seçimi, biyoenerji sistemlerinin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğini etkileyen kritik bir faktördür. İdeal hammaddeler yerel olarak temin edilebilir, maliyet etkin ve yaşam döngüleri boyunca sera gazı emisyonlarını en aza indirebilen özelliklere sahip olmalıdır. [13]

2.2 Biyoyakıtlar

Biyoyakıtlar uzun süredir yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bunlar esas olarak bitki, odun, tohum ve biyokütle gibi tarımsal ürünlerden elde edilir. Biyoyakıtlar üç halde bulunur: sıvı, katı ve gaz. [14] Biyoyakıtlar doğası gereği sürdürülebilir, tamamen parçalanabilir ve yanmaları fosil yakıtlara kıyasla daha az emisyon üretir. Biyoyakıtlar bir CO2 döngüsünü temsil eder ve çevre dostudur. Biyoyakıtlar, sera gazlarının azaltılmasına olanak sağladıkları, enerji güvenliğine büyük katkı sağladıkları ve istihdam olanaklarını artırdıkları için tercih edilmektedir. [15]

Biyoyakıtlar, biyokimyasal veya termo-kimyasal dönüşüm yolları ile biyokütleden üretilir. Biyokütlenin alkollü fermantasyon yoluyla biyokimyasal dönüşümü sıvı yakıtlar üretirken, anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretilir. [16]

2.3 Biyoyakıtların Sınıflandırılması

Günümüzde biyoyakıtlar birinci nesil ve ikincil nesil biyoyakıtlar olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Birinci nesil biyoyakıtlar odun, talaş, pelet, hayvansal atıklar gibi enerji üretimi için kullanılan işlenmemiş biyokütleden oluşurlar. Biyokütlelerin işlenmesi durumunda elde edilen biyodizel, etanol gibi araçlarda ve endüstriyel işlemlerde kullanılan biyoyakıtlar da ikinci nesil biyoyakıtlar olarak isimlendirilir. İkinci nesil biyoyakıtlar kullanılan hammadde ve teknolojiye göre kendi içerisinde üçe ayrılırlar.

Birinci nesil biyoyakıtlar, işlenmemiş olduğundan çoğunlukla küçük ve büyük ölçekli endüstriyel uygulamalarda pişirme yakıtı, ısıtma veya elektrik üretim ihtiyaçlarını karşılamak için doğrudan kullanılırlar. [17] 1. nesil sıvı biyoyakıtlar, genellikle tahıllar, şeker bitkileri ve yağlı tohumlar sıvı ürünlerden elde edilmektedir.

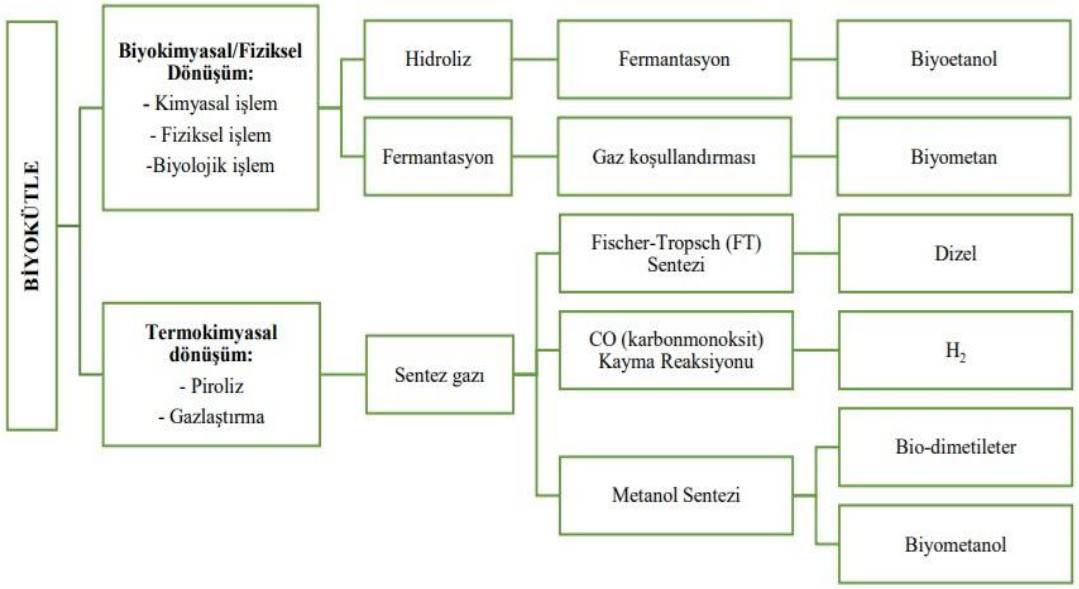
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Birinci nesil sıvı biyoyakıtlardan en iyi bilinen ise şeker veya nişastalı ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen etanoldür. [17]

İkinci nesil biyoyakıtlar ise birinci nesil biyoyakıtların katı, sıvı ve gaz şeklinde işlenmesi sonucu elde edilen yakıtlardır.

İkinci nesil sıvı biyoyakıtlar orman kalıntılarından (tahıl samanı, şeker kamışı küspesi gibi), atıklardan (belediye katı atıklarının organik bileşenleri) ve özel olarak yetiştirilen bitkilerden (amaca uygun yetiştirilmiş bitkisel otlar, enerji bitkileri) elde edilmektedir. [18]

İkinci nesil biyoyakıtların işlenme yöntemleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 1. Biyokütle Dönüşüm Yöntemleri [19]

3. BİYOYAKIT ÇEŞİTLERİ

Biyoyakıtlar, katı sıvı ve gaz olarak 3 grupta sınıflandırılır.

Tablo.1. Biyoyakıt Türleri

Katı Biyoyakıtlar	***Sıvı Biyoyakıtlar***	***Gaz Biyoyakıtlar***
Biyopelet	Biyo-etanol	Biyogaz
Biyobriket	Biyo-metanol	Biyohidrojen
	Biyo-dizel	
	Biyo-dimeleter	

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Biyopelet: Odun talaşı ve tarımsal atıklardan sıkıştırılarak üretilen, yüksek enerji yoğunluğuna sahip biyoyakıt türüdür.

Biyobriket: Tarımsal ve ormansal atıkların preslenmesiyle elde edilen, oduna alternatif olarak kullanılan katı yakıttır.

Biyo-etanol: Biyoetanol, yenilenebilir hammadde kaynaklarından elde edilen bir yakıttır; tipik olarak buğday, şeker pancarı, mısır, saman ve odun gibi bitkilerden elde edilir.

Biyoetanol, benzin katkı maddesi/ikamesi olarak kullanılır. Odun, saman ve hatta evsel atıkların ekonomik olarak biyoetanole dönüştürülmesi mümkündür. [20]

Biyo-metanol: Metanol, termokimyasal proseste sentez gazı (sentez gazı) yoluyla ve biyokimyasal proseste metanotrofik bakterilerin varlığında anaerobik sindirim yoluyla üretilir. Çoğunlukla günlük hayatımızda kullandığımız kozmetik ürünlerimizin, boyaların içerisinde bulunan kimyasal bir sıvıdır.

Biyo-dizel: Alternatif bir dizel yakıtı olan biyodizel, bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir biyolojik kaynaklardan üretilir. Biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik değildir, düşük emisyon profillerine sahiptir ve bu nedenle çevre dostudur. [21]

Biyo-dimetileter: Dimetil eter (DME), sentetik gazdan üretilebilen bir başka kimyasaldır. DME'nin kimyasal ve fiziksel özellikleri LPG'ye benzerdir; bu nedenle, mevcut altyapıda küçük değişiklikler yapılarak evlerde yemek pişirme ve ulaşım için LPG'nin yerine kullanılabilir. Genellikle DME, sentetik gazın önce metanole dönüştürüldüğü ve ardından metanolün dehidre edilerek DME'ye dönüştürüldüğü iki aşamalı bir süreçle veya) sentetik gazdan doğrudan DME sentezi yoluyla üretilir. [22]

Biyohidrojen: Hidrojen üretimi için biyolojik, termokimyasal ve elektrokimyasal yöntemler uygulanmaktadır. Biyolojik yöntem ucuz ve çevre dostu yöntem iken; termokimyasal ve elektrokimyasal yöntemler pahalı ve sürdürülebilirliği olmayan yöntemlerdir.

4.BİYOGAZ

Biyogaz, biyokütlenin anaerobik çürümesi (AD) yoluyla üretilen yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji taşıyıcısıdır. Biyogazın elde edilebileceği en az beş ana biyokütle kaynağı vardır: kanalizasyon, çöp depolama alanları, hayvancılık gübresi, organik atıklar ve enerji bitkileri. Kaynağına bağlı olarak biyogaz, metan (40–75%), karbondioksit (20–45%) ve genellikle eser

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

miktarda bulunan bazı diğer bileşiklerden oluşur. Biyogazın kimyasal bileşimi, kaynağına bağlı olarak değişebilir. [23]

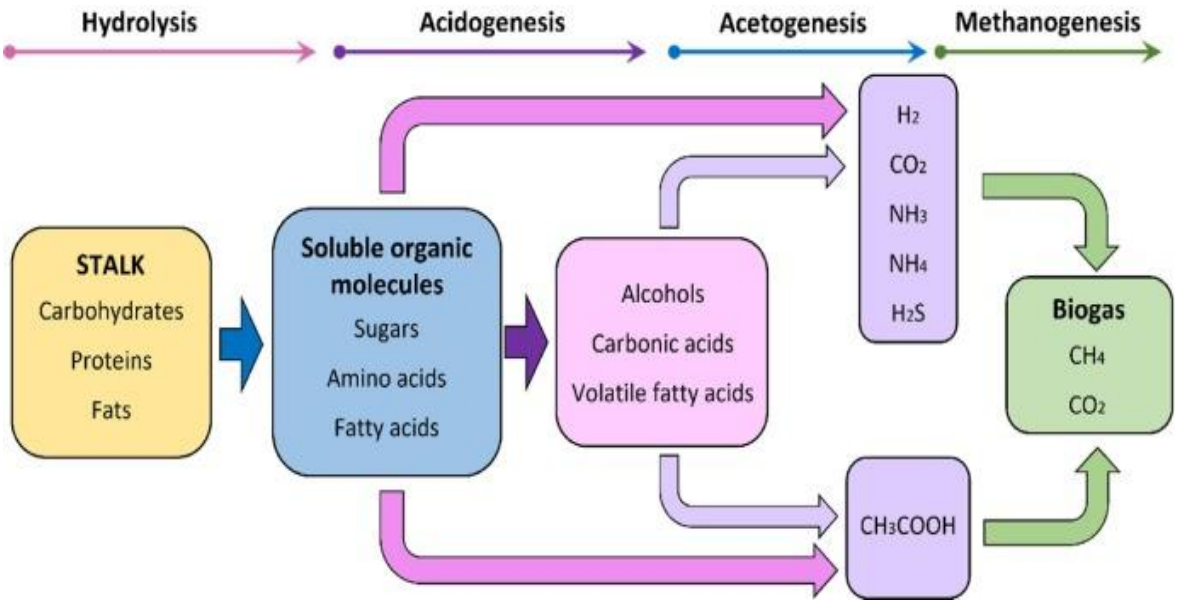
Biyogaz, çeşitli elektrik, ısı ve buhar üretimi uygulamaları için doğal gaz olarak, yakıt hücrelerinde hammadde olarak, soğutma sistemlerinin çalışmasında ve yemek pişirme ve aydınlatma amaçları için kullanılabilir. Sürdürülebilir doğal gaz üretmek için biyogaz, CO_2, su, H_2S vb. gibi inert veya düşük değerli bileşenler ortadan kaldırılarak rafine edilebilir. Bu, ulaşım yakıtlarına, enerji ürünlerine alternatif olarak kullanılabilir veya gelişmiş biyokimyasallar ve biyolojik ürünler üretmek için işlenebilir. [24]

1 m3 biyogazın sağladığı ısı miktarı 4700-5700 kcal/m3'tür. 1 m^3 biyogaz; 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerindedir. 1 m^3 biyogaza 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin ve 0,25 m^3 propan eşdeğer yakıt miktarlarıdır. [25]

Biyogazın ısıl değeri içerisindeki metan oranına bağlı olarak değişmekle birlikte çoğunlukla 4700-6000 kcal/m3 kadardır.

Biyogaz üretimi üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar Şekil 2'de gösterildiği gibi hidroliz, asit oluşumu ve metan oluşumudur. Hidroliz safhasında, yağ, selüloz, hemiselüloz, protein, nişasta vb. polimer yapıya sahip olan katı ve çözünmüş organik maddeler, bakterilerin hücre dışı enzimleri sayesinde sindirime uğrayarak organik yapılı monomerlere dönüştürülmektedir. Asit oluşumu aşamasında monomerlerine ayrılmış organik maddeler asit bakterileri tarafından önce uçucu yağ asitlerine ardından da asetik aside dönüştürülmektedir. Metan oluşumu aşamasında ise asetik asit parçalanmakta veya H_2 ve CO_2 sentezi sonucu metan üretimi gerçekleşmektedir. [26]

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Şekil 2. Metan oluşum aşamaları [26]

5. KENTSEL KATI ATIKLARDAN BİYOGAZ VE ENERJİ ELDESİ

İnsan faaliyetleri, dikkatsiz tüketim ve atık bertarafı nedeniyle doğal yaşam alanlarını sürdürülebilir yaşam için giderek daha uygunsuz hale getirmektedir.

İnsan toplumları tarafından üretilen atıklar genellikle çevreye ayrım gözetmeksizin salınır ve daha sonra diğer canlılar tarafından işlenir ve yeniden entegre edilir. Ancak, bu doğal yeniden entegrasyon süreci hem zaman alıcı hem de ekolojik olarak zorlayıcıdır. [27] Katı artıklardaki bu artış bir yandan çevrenin yükünün artmakta olduğunu, bir yandan da doğal kaynakların sorumsuzca tüketildiğini, hammadde ve enerjinin de israf edildiğini göstermektedir.

Kentsel katı atıklardan yararlanmak için iki temel yöntem bulunmaktadır. Birincisi, kentsel katı atıkların (organik artıkların) oksijensiz ortamda (anaerobik fermantasyon) parçalanması işlemidir. Bu yöntemin literatürdeki karşılığı biyometanizasyondur. Bu yöntem ile gaz eldesi çoğunlukla daha verimlidir. Bunun sebebi üretilen gazın kaynağının yalnızca organik atıklardan sağlanmasıdır. Diğer bir yöntem ise bu kentsel katı atıkların atık depolarında biriktirilmesiyle doğrudan oksijensiz fermantasyon ile biyogaz üretimidir. Bu yöntemle üretilen gaza ise LFG gaz (Land-fill gaz) veya deponi gaz ismi verilmektedir. Çöp depolama, belediye katı atıklarının nihai bertarafı için dünya çapında kabul gören bir yöntemdir.

Düzenli depolama; katı atık sızıntı sularının ve depo gazının olumsuz etkilerini kontrol altına alınacağı bir sızdırmazlık ve gaz kontrolü sisteminin yapılmış olduğu alanlara, katı atıkların çevre problemleri oluşturmayacak şekilde aşamalı olarak alan üzerinde depolanarak bertaraf edilmesidir. Bu yöntemin maliyeti diğer tesislere göre daha azdır. Bu yöntem düzensiz

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

depolama yöntemine göre daha çevreseldir. Çünkü düzensiz depolanan atıklar, yeraltı ve yüzeysel suların kirliliği, hava kirliliği, görüntü kirliliği, yayılımcı böcek riski, erozyon riski barındırmaktadır.

LFG bir tür sera gazıdır (GHG). Enerji, metan yanmasıyla geri kazanılır ve aynı zamanda metan, sera etkisi daha az olan CO_2'ye dönüştürülür. Bu nedenle LFG bir tür yeşil enerjidir. [28]

LFG çok çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bunlar arasında şunlar yer almaktadır:

- Gaz içten yanmalı motorlarla enerji üretimi.
- Stirling gaz motorlarıyla enerji üretimi.
- Gaz kazanlarıyla buhar veya sıcak su üretimi.
- Basınç Salınımlı Adsorpsiyon (PSA) metan zenginleştirme ile araç yakıtı üretmek.
- Metildietanolamin (MDEA) metan zenginleştirme ile araç yakıtı üretmek.
- Fırınlar ve yakma fırınları için yardımcı yakıt olarak kullanmak.
- Yanma ve buharlaştırma ile çöp sahası sızıntı suyunu arıtmak. [28]

Gaz üretimi genellikle MSW'nin depolanmasından hemen sonra başlar ve yaklaşık 10 yıl içinde en yüksek üretim hızına ulaşır; ilk depolamadan sonra 40 yıl veya daha uzun süre devam edebilir. Elektrik ve ısı üretimi için LFG'nin kullanımı hem enerji tasarrufu hem de hava kirliliğinin azaltılması açısından umut verici bir yaklaşımdır. LFG, oldukça bol ve istikrarlı bir kaynak olma potansiyeline sahiptir. Örneğin, bir ton MSW, 300 m^3'e kadar LFG üretebilir. Ancak, bu gazın bir kısmı kaçak emisyonlar olarak atmosfere kaybolur, ancak mevcut teknolojiyle önemli bir kısmı da toplanır. [29]

Düzenli depolama alanı lot sahalarına gelen katı atıklar, enerji üretim danışmanları tavsiyeleri ve planlaması ile, sahanın fiziki şartları göz önünde bulundurularak tarafımızdan belirlenen bölgelere dökülmektedir. Ardından üzerinde çalışan ekskavatör, dozer ve loader makinaları ile lot sahasına yerleştirilmektedir. Bu yerleşimler yapıldıktan sonra belirli bir metre yükseklik ve en boyutlarına ulaşıldığında, rigol (atık sahası için delikli boru) sistemi denilen yatay delikli borular, atıkların içine yerleştirilmektedir.

Atık sahası boyunca uzanan yaklaşık ortalama 100 metre uzunluğa sahip bu rigol sistemlerinin her biri ana regülatöre bağlanmaktadır. Ana boru sistemleri ile santral sahasına booster (blower) yardımı ile getirilen metan gazı, üretim sistemine uygun olarak elektrik üretim motorlarına ya da gaz biriktirme balonuna verilmektedir. Düzenli depolama gazları yaklaşık olarak %60 metan, %40 karbondioksit ve diğer kirletici gazlardan oluşmaktadır. Atık sahasından toplanan ve borular ile iletilen depo gazı öncelikle içeriğindeki H_2S (Hidrojen sülfür) giderim tankına alınır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Burada Elektrik Enerji Üretim Tesisi verimini düşüren bu gazdan filtreler vasıtası ile LFG içeriğindeki H2S yüksek oranda giderilmesi hedeflenmektedir. Sonrasında gaz kurutucuda soğutularak nemi alınır. Gaz içerisinde kalan su ayrıştırılır. Sudan arındırılmış gaz blower"lar vasıtası ile basınçlandırılarak içten yanmalı (mekanik) gaz motoruna iletilir.



Şekil 3. İçten Yanmalı Gaz Motoru

Depo gazının motorda yakılarak enerjiye dönüştürülmesi işleminin bu son adımında, gaz motorunda (Gen-Set) yakılan depo gazı ile jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisi üretilir

Çöp gazı (LFG) ile çalışan gaz motorlarında, elektrik çöp gazının yakılmasıyla üretilir. [30] Pistonlu içten yanmalı motor, LFG'den elektrik enerjisi üretimi için en çok kullanılan teknolojidir. Bunun nedeni, esas olarak gücün sistemin ekonomik uygulanabilirliği ile uyumlu olmasıdır. Aslında, kabul edilebilir bir ekonomik gelir için uygun sistem boyutu genellikle 1-3 MW arasındadır ve içten yanmalı motorların yatırım maliyeti genellikle makuldür. [31]

Çöp sahası sızıntı suları, çöp sahalarına atılan katı atıkların içinden yağmur suyunun süzülmesi sonucu oluşan sıvı atıklar ile atıklarda bulunan nem ve kalıntıların bozunma ürünleri olarak tanımlanır. [32]

Çöp depolama alanlarından kaynaklanan en endişe verici emisyonlardan biri olan bu sızıntı suları, organik maddelerin ayrışması ve atık tabakalarından çökelme sonucu oluşur.

Sızıntı suları, yüksek organik içeriği, ağır metaller ve genel olarak toksik maddeler içermesi nedeniyle tehlikeli kabul edilir ve bu nedenle uygun şekilde arıtılması gerekir. [33]

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Sızıntı suyunun arıtılması, esas olarak yaşı dikkate alınarak özelliklerine göre seçilmelidir. Örneğin, genç sızıntı suları için, biyolojik işlemler, yüksek derecede biyolojik olarak parçalanabilir kirletici yükünü azaltmada etkilidir. Buna karşılık, olgun sızıntı suyu düşük biyolojik parçalanabilirlik gösterir ve bu nedenle fizikokimyasal arıtma yöntemleri daha uygundur. [32]

6. AKADEMİK VE ENDÜSTRİYEL ÇALIŞMALAR

Mehmet emin ve ark. yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin en büyük şehrinde bulunan tam ölçekli bir sızıntı suyu arıtma tesisindeki mikro kirleticilerin giderim verimliliklerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Türkiye'nin en büyük depolama sahası sızıntı suyu arıtma tesislerinden birinde geleneksel kirleticilerin ve VOC'ler, PAH'lar, ftalatlar, alkilfenoller, pestisitler ve metaller dahil olmak üzere çok çeşitli mikro kirleticilerin olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen depolama sahası sızıntı suyu, yüksek konsantrasyonda makro ve mikro kirleticiler içeren yoğun bir kirlilik kaynağı olarak nitelendirilmiştir. [34]

Anna ve ark. yaptıkları çalışmada, kentsel katı atık depolama alanı tarafından kirletilen toprağın incelemesini yapmışlardır. Toprak kirliliğini değerlendirmek için şu göstergeler hesaplanmıştır: toplam kirlilik indeksi (Zc), kirlilik yükü indeksi (PLE), potansiyel ekolojik risk (PERI). Alanların jeobotanik tanımlaması yapılmış, fiziksel, kimyasal (pH, kolay çözünen tuz içeriği, humus içeriği, ağır metallerin brüt içeriği) ve biyolojik (toplam bakteri sayısı, katalaz, invertaz ve dehidrogenaz aktivitesi, turpun kök ve sürgün uzunluğu) göstergeler incelenmiştir. MPC/APC oranına göre, topraktaki Cr kirliliği kontrol değerini 18 kat, Ni 4 kat, Cu 45 kat, Zn 51 kat, As 5 kat ve Pb 6 kat aşmıştır. Zc ve PLE verileri, ağır metaller tarafından yüksek derecede kirlilik ve depolama alanında son derece yüksek bir PERI seviyesi göstermektedir. [35]

Massimo ve ark. çalışmalarında Napoli şehrinden kompostlanmış atıklarla gübreleme, kompostlandıktan sonra tarımsal kullanım yoluyla atıkların geri dönüştürülme olasılığını değerlendirmek amacıyla incelemişlerdir. En iyi tarımsal (toprak verimliliği, marul veriminin miktarı ve kalitesi) ve çevresel (kararlı SOM'da C depolaması, potansiyel olarak toksik metal ve nitrat kirliliği riskinin düşük olması) sonuçlar, 30 Mg ha-1 kompost dozu kullanılarak elde edilmiştir. Kompost ve toprakta, Cu, Cr, Pb ve Zn'nin toplam konsantrasyonları her zaman

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Avrupa kirletici sınırlarının altında olmuştur. Ancak, en yüksek dozda (60 Mg ha-1) bitki büyümesi ve kompost gübrelemesinden sonra, topraktaki EDTA ile çıkarılabilir Pb ve Zn miktarları önemli ölçüde artmıştır ve bu da kompostlanmış organiklerin ve kök salgılarının metal biyoyararlanımında rol oynadığını düşündürmektedir. Kompostlanmış atıklarla gübreleme, dozlar bitkilerin N gereksinimlerine göre dengelendiğinde olumlu tarımsal ve çevresel etkilere sahip olabilir. Ancak, toprağa tekrarlanan kompost uygulamasının uzun vadeli etkisini ve potansiyel kümülatif etkilerini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. [36]

Abdul Mannan, Fatima ve diğerleri yaptıkları çalışmada, Pencap'taki altı büyük şehir olan Lahor, Rawalpindi, İslamabad, Faisalabad, Gujranwala ve Sialkot'ta elektrik üretimi ve atık hacminin azaltılması için termal enerjiye dayalı KKA yakma teknolojisinin potansiyelini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, ısı içeriği, kalorifik değer (KD) için değiştirilmiş Dulong denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Nüfus, atık üretim oranı, atık özellikleri, nem içeriği ve yerel kamu uygulamaları da enerji potansiyelini etkilemiş ve elektrik üretim potansiyeli hesaplamalarında dikkate alınmıştır. Evsel katı atıkların (KKA) yakılması ve CO2 azaltımından kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonlarının analizi, mevcut yerel uygulamalarla karşılaştırılmıştır. Lahor, Atıktan Enerji (WtE) potansiyeli açısından 552 kWh/ton KKA enerji geri kazanımına sahiptir. Karbon ayak izleri, açık yakma gibi kirlilik yaratan yerel uygulamalarla bertaraf yerine atıkların yakılmasıyla azaltılabilir. Çalışma sonuçları, Pencap'taki KKA işlemenin, sürdürülebilir enerji çözümleri için fosil yakıt yakımına potansiyel bir alternatif olan Aktan Enerji (WtE) üretimi için kullanılabileceğini göstermiştir. [37]

Cory, Kaitlyn ve ark. yaptıkları çalışmalarında, ABD ve Kanada'daki çöp sızıntı sularının karşılaştırılmasını yapmışlardır. Kanada ve ABD'deki çöplük sızıntı sularında KOK'ların tutulması, taşınması ve göçünün altında yatan temel kavramları hızla belirlemeyi amaçlamışlardır. İnceleme, konuya ilişkin çok disiplinli bakış açılarını hedeflemiş ve adli biyoloji, çevre bilimleri, kimya ve jeoloji alanlarını kapsamıştır. Kanada ve ABD'deki devlet kurumları tarafından bildirilen kontamine belediye katı atık (BKA) depolama sahası özellikleri, KOK'ları çevreye salan BKA depolama sahalarının coğrafi kapsamını göstermek için sentezlenmiş ve uyumlu hale getirilmiştir. KOK'ların doğrudan katı atık depolama alanlarından çevreye yüklenmesinin mekansal kapsamını ele almak için, su ekosistemlerine yakın konumdaki tarihi atık depolama alanlarına vurgu yapılarak ve atık su arıtma tesislerinin bu

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

kirleticilerin doğrudan su ekosistemlerine veya tarımsal yüzeylere biyokatı olarak salınmadan önce giderilmesindeki etkinliğini araştırmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. [38]

Zamorano,M. ve ark. İspanya'nın Granada şehrinde yaptıkları çalışmada hem deneysel hem de teorik tasarım modelleri ile 3861 kcal/Nm3'lük bir LCV ile üretilen biyogaz hacminde %45 metan konsantrasyonu tahmin etmiştir. Çöp sahasında üretilen biyogazın analizi, toplam akış hızının 250 ila 550 Nm3/sa arasında değiştiğini ve bunun da yılda ortalama 4.500.000 kWh potansiyel elektrik üretimi olacağı sonucuna varmışlardır. Bu veriler esas alınarak tesisin biyogaz geri kazanımı için ekonomik uygulanabilirliğinin 7 yıllık işletme süresi için %20 İç Geri Kazanım Oranı (IRR) olarak tahmin etmişlerdir [39].

7.SONUÇ

Türkiye'de ve dünyada fosile dayalı enerji kaynaklarının gelecekte tükeneceği göz önüne alınırsa, kirletici etkisi olmayan, temiz, güvenilir, sürdürülebilir, yerli ve çevre dostu özellikleriyle öne çıkan yenilenebilir enerji türlerinin; üretimi, kullanımı ve bilinçli bir şekilde yaygınlaştırılması çok önemlidir. Atıkların kaynağında ayrıştırılmasının gerekliliği gözler önüne serilmiştir.

Türkiye'nin artan enerji talebini karşılamak için; doğal kaynakların akılcı bir biçimde değerlendirilmesi ve kullanılması, yeni teknolojilere önem verilmesi, enerji üretimini çeşitlendirilmesi, mevcut teknolojilerin verimliliğinin artırılması gerekmektedir.

Biyogaz üretim teknolojisinin ülkemizde başarılı olabilmesi için daha pek konuda araştırma yapılması gerekmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Kaynakça

[1] J. Zhao, D. Kangyin, D. Xiucheng ve M. Shahbaz, «Renewable Energy,» *Sciencedirect,* pp. 299-311, 2022.

[2] A. G. Olabi, E. T. Sayed, A. H. Alami, A. Rıdwan, A. Madalla, A. Rezk ve M. A. Abdulkareeem, «Renewable Energy and Energy Storage Systems,» *Energies,* p. 1, 2023.

[3] O. AG ve M. A. Abdelkareem, «Renewable energy and climate change,» *ScienceDirect,* p. 158, 2022.

[4] H. Qusay, V. Patrik, T. Al-Musavi, M. A. Bashar , A. Sameer, M. Haitham, A.-J. Ali Khudhair, Z. S. Aws, M. Hayder ve J. Marek, «The renewable energy role in the global energy Transformations,» *Renewable Energy Focus,* pp. 1-3, 2024.

[5] S. Manish, R. P. Indu ve B. Rangan, «Sustainability analysis of renewables for climate change mitigation,» *ScienceDirect,* pp. 25-36, 2006.

[6] W. G. Santika, M. Anisuzzaman, A. Parisa, G. Shafiullah, V. Gloria ve U. Tania, «Energy Research & Social Science,» *ScienceDirect,* pp. 201-214, 2019.

[7] K. Roozbeh , B. Y. Sumiani ve F. B. Kari, «Renewable energy technology acceptance in Peninsular Malaysia,» *ScienceDirect,* pp. 1-10, 2016.

[8] M. Debora, M. Szabo, C. Paolo ve A. Pasquale, «Biomass Energy and Biofuels: Perspective, Potentials, and Challenges in the Energy Transition,» *Sustainability,* pp. 1-3, 2024.

[9] F. Rosillo-Calle, «A review of biomass energy – shortcomings and concerns,» *Journal of Chemical Technology and Biotechnology,* pp. 1-3, 2016.

[10] X. Ye, W. Zeng, X. Guan, T. Zhang ve G. Liejin, «Green energy and chemicals from biomass via thermo-photo catalysis: Fundamentals, progress, and opportunities,» *ScienceDirect,* 2026.

[11] W. M. Z. Nurin, S. Guangcan ve H. H. Masjuki , «Energy recovery from waste biomass through gasification,» *Waste Valorization for Bioenergy and Bioenergy and Bioproducts,* 2024.

[12] S. Jha, N. Sonil, A. Bishnu ve K. Ajay, «A Review of Thermochemical Conversion of Waste Biomass to Biofuels,» *Energies,* 2022.

[13] K. M. Ranjeet, K. D.Jaya Prasanna , A. NArula, M. C. Syeda ve U. N. Sneha, «Production and beneficial impact of biochar for environmental application: A review on types of feedstocks, chemical compositions, operating parameters, techno-economic study, and life cycle assessment,» *Fuel,* 2013.

[14] B. P. Pattanaik ve D. M. Rahul, «Effect of reaction pathway and operating parameters on the deoxygenation of vegetable oils to produce diesel range hydrocarbon fuels: A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* pp. 545-557, 2017.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[15] A. Wierzbicka, L. Lillieblad , J. Pagels, M. Sanati, A. Gudmundsson, A. Gharibi, E. Swietlicki ve M. Bohgard, «Particle emissions from district heating units operating on three commonly used biofuels,» *Atmospheric Environment,* pp. 139-150, 2005.

[16] D. Kubicka ve I. Kubicka, «Utilization of Triglycerides and Related Feedstocks for Production of Clean Hydrocarbon Fuels and Petrochemicals: A Review,» *Waste and Biomass Valorization,* pp. 293-308, 2010.

[17] P. Nigam ve A. Singh, «Production of liquid biofuels from renewable resources,» *Progress in energy and combustion science,* pp. 52-68, 2011.

[18] R. Sims, W. Saddler ve T. M:, «An overview of second generation biofuel technologies.,» *Bioresource technology,* 2010.

[19] S. Işık ve S. Yavuz, «An Overview of Biofuels Derived from Biomass,» *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 2022.

[20] A. Demirbaş, «Progress and recent trends in biofuels,» *Progress in Energy and Combustion Science 33,* 2007.

[21] M. Fangrui ve A. H. b. Milford, «Biodiesel production: a review,» *Bioresource Technology,* pp. 1-15, 1999.

[22] I.-o. Karittha ve A. Arpornwichanop, «Comparative techno-economic assessment of bio-methanol and bio-DME production from oil palm residue,» *Energy Conversion and Management,* 2022.

[23] W. M. Budzianowski, «Sustainable biogas energy in Poland: Prospects and challenges,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* pp. 342-349, 2012.

[24] V. S. Sonal, Y. L. Bhamba, K. T. Awanish ve W.-h. Chen, «Sustainable biogas production via anaerobic digestion with focus on CSTR technology: A review,» *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers,* 2024.

[25] «https://evcedyetkilendirme.enerji.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz,» 2019. [Çevrimiçi]. Available: https://evcedyetkilendirme.enerji.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.

[26] Tong Wang, Tuo Zhou, Chaoran Li, Man Zhan, Qiang Song ve Hairui Yang, «Biogas-to-methanol: A new green methanol production process based on anaerobic digestion of biomass,» *Energy Conversion and Management,* 2024.

[27] Deniz Yalçıntaş, Suzan Oğuz, Eda Yaşa Özeltürkay ve Murat Gülmez, «Bibliometric Analysis of Studies on Sustainable Waste Management,» *Sustainability,* 2023.

[28] Zezhi Chen, Huijuan Gong, Ru Jiang, Qin Jiang ve Weili Wu, «Overview on LFG projects in China,» *Waste Management,* 2010.

[29] W. Qin, F.N. Egolfopoulos ve T.T. Tsotsis, «Fundamental and environmental aspects of landfill gas utilization for power generation,» *Chemical Engineering Journal 82 (2001) 157–17,* 2000.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[30] Orhan Sevimoglu ve Berrin Tansel, «Composition and source identification of deposits forming in landfill gas (LFG) engines and effect of activated carbon treatment on deposit composition,» *Journal of Environmental Management,* 2013.

[31] Roberto Bove ve Piero Lunghi, «Electric power generation from landfill gas using traditional and innovative technologies,» *Energy Conversion and Management 47 (2006) 1391–1401,* 2006.

[32] Alyne Moraes Costa, Raquel Greice de Souza Marotta Alfaia ve Juacyara Carbonelli Campos, «Landfill leachate treatment in Brazil – An overview,» *Journal of Environmental Management,* pp. 110-116, 2019.

[33] Roger I. M´endez-Novelo, Elena Z. Canton ´ Anduze, Ana M. Escalante-Man˜´e, Marisela I. Vega-de-Lille , Omar Y. Rodríguez-Gamboa ve Liliana San-Pedro, «Treatment of landfill leachate: A three-stage approach with Fenton process,» *Journal of Water Process Engineering,* p. 79, 2025.

[34] Mehmet Emin Argun, Mehmet Akkuş ve Havva Ateş, «Investigation of micropollutants removal from landfill leachate in a full-scale advanced treatment plant in Istanbul city, Turkey,» *Science of the Total Environment,* 2020.

[35] Anna Kucherova, Tatiana Minnikova, Sergey Kolesnikov, Ekaterina Khrapai, Alina Nalivaychenko ve Alexey Sherstnev, «Assessment of the health of soils polluted by municipal solid waste landfill,» *Journal of Hazardous Materials Advances,* 2025.

[36] Massimo Fagnano, Paola Adamo, Mariavittoria Zampella ve Nunzio Fiorentino, «Environmental and agronomic impact of fertilization with composted organicfraction from municipal solid waste: A case study in the region of Naples, Italy,» *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 2011.

[37] Abdul Mannan Zafar, Saahar Shadid, Fatima Ghafoor, Sidra Iftekhar, Muhammad Imran Nawaz, Jawad Mustafa, Muhammad Assad ve Shamaz Tabraiz, «Waste to energy feasibility, challenges, and perspective in municipal solid waste incineration and implementation: A case study for Pakistan,» *Chemical Engineering Journal Advances ,* 2024.

[38] Cory Ochs, Kaitlyn Garrison, Priyam Saxena, Kristen Romme ve Atanu Sarkar, «Contamination of aquatic ecosystems by persistent organic pollutants (POPs) originating from landfills in Canada and the United States: A rapid scoping review,» *Science of the Total Environment ,* 2024.

[39] Zamorano, M., Perez, J. I. P., Paves, I. A., & Ridao, A. R. (2007). Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(5), 909-922.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ENERGY PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTES: CONVERSION METHODS AND GLOBAL TRENDS

Hamza ABUELAYYAN
Karabuk University Energy Systems Engineering Department
eng.habuelayyan@gmail.com

Mehmet Volkan AKSAY
Karabuk University Mechanical Engineering Department
volkanaksay@karabuk.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-7393-8089

Abstract:

For the past couple of decades, the world has been on an urgent quest to find the perfect energy source to replace fossil fuels. Research upon research has been conducted to find an alternative that is renewable, sustainable, and reliable. Agricultural waste is the prime example of an energy source that is available and ecologically healthy if used correctly. This review explores the various aspects of utilizing agricultural residues in bioenergy production, the biological and thermochemical conversion methods possible, their characteristics, and the different elements that compose feedstock and directly impact the performance of these conversion systems and their energy yield. This review provides an overview of feeding types and methods, explains their crucial role in bioenergy production, and highlights the care required in their selection to maximize the efficiency of conversion processes. This review addresses the issue of combining conversion systems as well as feeding methods for the purpose of minimizing costs and improving energy outputs, to use inter-method synergy to boost productivity. It also surveys some of the most recent studies conducted to estimate energy potential around the world, to give an overview of the global trends and the general direction that bioenergy research is taking. The results are promising, demonstrating a clear inclination towards promoting agricultural waste as a valid source of biogas and a deep need for the world to endorse the implementation of bioenergy plants.

Keywords: Agricultural waste; biomass; anaerobic digestion; dry fermentation; composting; feeding type; renewable energy; sustainability.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. Introduction:

1.1 Background and Motivation:

There are many types of agricultural residues around the world, and all of them combined represent one of the planet's largest untapped biomass energy sources. Indeed, global agricultural production generates massive amounts of waste every year, most of which is still mismanaged or underutilized. Practices such as burning to get rid of waste are a major contributor to air pollution and greenhouse gas emissions, and a big waste of what could be a major bioenergy source (Reid et al., 2019).

Utilizing agricultural waste could be the perfect solution for two major global problems: a new source of renewable energy as an alternative to fossil fuels and a decent way of managing waste. Bioenergy can be produced in many forms (electricity, heat, biogas, or liquid fuels) depending on the conversion routes and operating conditions (IRENA, 2021). These routes can be generally classified into two types: biological and thermochemical methods.

As the name suggests, all three biological conversion systems use microorganisms to break down and decompose organic matter under a set of closely controlled conditions, customized to fit the requirements of the system and the feedstock type. Some of the most studied and established techniques include anaerobic digestion, dry fermentation, and composting. On the one hand, both anaerobic digestion and dry fermentation use microbial activity to transform biodegradable matter into biogas, and both processes happen in the absence of oxygen. Their efficiency depends very heavily on variables like temperature and feeding type (Ali et al., 2024). The difference between AD and dry fermentation lies in the type of feedstock supplied to them; AD uses feedstock that has a much higher moisture content than the feedstock that dry fermentation uses. Indeed, and according to Hayyat et al. (2024), dry fermentation is great for water conservation, since it operates on a framework that minimizes the use of water but maintains methane yield.

On the other hand, composting, though a biological process as well, works by oxidizing organic matter but doesn't directly generate any form of energy, be it biogas or other. Instead, composting is most valued for producing a soil conditioner rich in nutrients (Jędrczak, 2019).

In contrast to their biological counterparts, thermochemical conversion systems (combustion, gasification, and pyrolysis) use heat as a driving force to activate and launch the process of

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

transforming biomass into energy. The concept behind thermochemical systems is simple but very highly efficient: organic matter is burned under conditions proper to each system, for the purpose of producing one or multiple forms of energy. The difference between the three main thermochemical systems is the level of oxygen they require to operate; combustion requires an excess of oxygen and produces heat, gasification necessitates a limited amount of oxygen and steam to produce syngas and ash, and finally pyrolysis requires the complete absence of oxygen to generate syngas, bio-oil, and biochar (Danso-Boateng & Anchaw, 2022). Generally, all these thermochemical processes warrant feedstocks with a low moisture content and a continuous feeding cycle to be as functional as possible. Therefore, choosing the conversion route depends almost entirely on the characteristics of the residues, the moisture content, and the type of energy to be produced.

Since biological systems and thermochemical systems both seem to have great advantages but also seem to have limitations on the feedstock level, would it be possible to combine methods and fill the gaps? According to Singh et al. (2022), blending systems is not only a possibility, but it is also a legitimate pathway that aims to maximize energy recovery. The idea would be for the digestate of one system to become the feedstock of the next system, turning the operation into a chain of waste recycling and energy generation. Therefore, it is even more essential to understand all the different aspects of various methods, figure out what they need, what they generate, and how to reprocess them repeatedly, until full energy recovery is achieved.

1.2 Aim and Scope:

This review surveys studies done globally to gather and understand the what and the why; what methods and technologies are used and why they are used. It is only by grasping the specific forte of each conversion method, feeding type, and feedstock composition that we can exploit them together or separately to achieve the one real goal, that is, maximum energy recovery. The review's objectives are:

- ➢ Explaining the main biological and thermochemical conversion systems and how they function
- ➢ Understanding how and why feeding types impact bioenergy production.
- ➢ Recognizing research inclinations and obstacles in other peer-reviewed studies.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The review uses a global scope to consolidate findings and provide a comparable and implementation-oriented overview of the agricultural waste-to-energy trends worldwide.

---

2. Overview of Agricultural Waste as a Source of Bioenergy:

The efficient usage of agricultural residues in bioenergy production is no easy feat, as it requires an exhaustive study and a balanced utilization of all the agronomic, logistical, thermochemical, biochemical, and environmental factors. In this section, the review will go over the major and most important residue components and their types, as well as inspect global trends in the design, generation, and utilization of feedstocks.

2.1 Composants and their Roles:

Lignocellulosic residues (fibrous plant residues made primarily of wood) are composed of:

- **Cellulose** (makes 35 to 50% of dry matter) requires pretreatment or physical manipulation to hydrolyse it into sugars that can be fermented.
- **Hemicellulose** (makes about 15 to 30%) is typically easier to manipulate due to its less fibrous nature and thus requires less effort to be fermented.
- **Lignin:** (makes between 10 and 25% of dry matter) normally glues the plant and gives it its firmness, it normally gets burned for on-side heat and char.
- **Ash and inorganic minerals** (differ largely between residue types) could cause technical problems like deposits and clogging inside the conversion systems. Residues like rice husk or straw are challenging because their silica melts faster and forms some sort of sticky ash.
- **Moisture content:** (ranges between 10 and 30% in fresh residues) needs to be lowered, which requires even more energy to dry the residues.
- **Carbon-to-nitrogen ratio (C/N):** needs to be managed properly in order to avoid engine damage and an increase in emissions.

All these elements and more need to be managed, controlled, and regulated in order to achieve the best results possible, as each component has an impact on the conversion systems, too. The ranges above should not always be taken at face value, as they vary from crop to crop based on growth conditions, soil fertility, or even harvest season.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2.2 Types of Agricultural Residues and Classification

There are two main categories when it comes to agricultural residues: Field residues (primary residues) and processing residues (secondary residues).

- **Field residues** are the plant leftovers from the harvest, like leaves, stalks, husks, etc. Common field residues are cereal straws, corn stover, and cotton stalks.
- **Processing residues:** are the residues created during and after the industrial processing of crops, for example, rice straw, sugarcane bagasse, and nut shells, etc

This is the classification usually used by the major organizations like the FAO and IEA (Koppejan et al., 2018). However, in practice, the difference between these categories is not always clear, as some primary residues could later be processed industrially on-site, too, and likewise, processed residues could contain impurities as well.

On the other hand, the chemical and physical characteristics are very distinct and differ widely among types of residues. Table 1 summarizes the characteristics of common agricultural residues (Koppejan et al., 2012); (Mohan et al.,2006); (IEA Bioenergy,2021):

Table 1. Key Properties of Selected Agricultural Residues and Their Preferred Conversion Pathways

Corn stover	**Sugarcane bagasse**	**Rice straw and husk**	**Fruit and nut shells**
- High cellulose -Moderate lignin -Well-suited for biological conversion	- Rich in hemicellulose -Fibrous material - Suitable for biological conversion	- High ash and silica content -Challenging for thermal conversion systems	-Richer in lignin -Dense and rigid -Better for pyrolysis and gasification

Note. Data summarized from Koppejan et al. (2012); Mohan et al. (2006); IEA Bioenergy (2021).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

This disparity in components and their levels makes it impossible to treat all agricultural residue types as one material, as each feedstock behaves differently during the conversion process. Therefore, it is essential to properly characterize the residues to help choose the best-suited bioenergy conversion route.

2.3 Global Trends in Generation and Use:

- **Generation and Potential:**

Estimates for agricultural residue potential vary extensively, as some studies assume that the global technical bioenergy potential from agricultural waste could be around 160 to 270 EJ per year by 2050 (Haberl et al., 2010). Still, these values are more so than not, very idealistic and do not always consider many other factors, such as soil carbon balance, nutrient recycling, or even the very significant challenges that residue collection and transport represent (Haberl et al., 2010; IEA Bioenergy, 2018).

Other more recent studies, with a better evaluation like Azizpanah et al. (2025), have established that even factors like residue recoverability and RPR (Residue-to-Product ratio) play a massive role in influencing the final energy potential. It is still to be determined how much of this theoretical yield can actually be used in a cost-effective and sustainable way, all while maintaining soil fertility and protecting ecosystems. For this reason, many studies have advised that only 10 to 40% of residues be taken from the fields, because going over these limits could potentially harm the soil and its bio composition (IEA Bioenergy, 2018).

- **Utilization Trends:**

Though untapped for so long, agricultural residues are becoming the more favoured feedstock for bioenergy. The IEA's Net-Zero scenario expects that by 2030, more than half of global bioenergy will come from wastes and residues (IEA, n.d.). Many factors contribute to the making or breaking of bioenergy implementation in a region, like policies and biomass availability, which means that bioenergy from residue is still very limited in areas where these factors are on the positive side, while other regions still struggle with transport and support costs.

Agricultural residues also have uses other than bioenergy generation, like animal feed, soil improvements, or even bedding. When these residues are taken from the fields and attributed

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

to bioenergy use, the soil quality and crop yield ought to be impacted due to the decline in organic matter and lost nutrients.

- **Key Challenges and Engineering Considerations:**

Generally, studies focus mainly on the operational side of bioenergy production; they focus on reactors, conversions, and recovery. However, there are many technical obstacles that slow down or hinder bioenergy production that don't always come from the scientific side of the process. These challenges start before feedstock becomes feedstock, determining operation methods and before considering feeding styles; these challenges could halt even the idea of a bioenergy plant:

- **Complicated and expensive supply chains:** it is important to keep in mind that organic matter isn't always generated on-site; the costs of collecting, transporting, and storing biomass are huge but consistently neglected when doing an operation cost estimation.
- **Seasonal availability:** availability or lack thereof is one of the most worrying aspects of residue utilization; solving this problem requires mixing or alternating different types of feedstocks and having to adjust the process each time to cater to the characteristics of each newly added residue, which increases complexity and adds to the costs.
- **Sustainability challenges:** bioenergy starts and ends with soil, it is where it gets its substrate and where it lays its digestate, so it is crucial to maintain the health and balance of the ecosystems to guarantee a healthy generation cycle of biomass and biogas.
- **Data gaps and uncertainties:** studies conducted on bioenergy generation aren't always inclusive of various local farming practices. In fact, many places still lack a comprehensive and accurate database that includes all the values needed for an exhaustive study and reliable findings.
- **Weak policy and incentives:** just like the unreliability of datasets, especially in local communities, financial or policy support is still far-fetched in many countries of the world, especially in less developed or rural areas, where even the infrastructure is entirely inadequate for large-scale implementation.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Overall, and even though agricultural residues are a huge and very promising source of bioenergy, there are environmental, technical, and economic obstacles that limit their reach. More studies and design analysis should be conducted before plant construction and system implementation are even options. There are many factors to be taken into consideration, most of which can't be theorized, but require an in-depth field study instead.

---

3. Biological Conversion Methods:

Biological conversion involves using microorganisms to break down organic materials, such as plant residues or animal waste, and convert them into simpler elements or energy carriers, all of this under controlled environmental conditions (FAO, 2023). These operations happen at somewhat low temperatures and are especially efficient for moist, biodegradable biomass like crop residues and manure.

In contrast with thermochemical routes, biological routes recover both energy in the form of biogas and nutrients in the form of compost or digestate. The main methods used in biological conversions to generate bioenergy are anaerobic digestion (AD), dry fermentation, and composting (Angelidaki et al., 2018).

3.1 Anaerobic Digestion (AD):

Anaerobic digestion is when microorganisms break down organic materials in the complete absence of oxygen. This operation produces two main elements:

- **Biogas:** a mix of methane and carbon dioxide (CH_4 and CO_2), used for electricity, heating, or can even be upgraded into biomethane.
- **Digestate:** a residue rich in nutrients that can be used as a land fertilizer.

There are four main steps or stages in anaerobic digestion:

- Hydrolysis
- Acidogenesis
- Acetogenesis
- Methanogenesis

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Each of these sub-operations is carried out by a different group of microbial beings. The efficiency of the whole process depends on a few factors like temperature, pH level, and, of course, feedstock composition (C/N ratio, levels of lignin, and moisture).

- **Common Feeding Types in AD:**

There are three types of digesters that can be used in anaerobic digestion operations. These digesters are categorized based on the type of feedstock they operate on.

- ➢ **Wet/ liquid systems:** handle feedstock that has less than 15% total solids (TS), like animal manure, sewage sludge, and food waste.
- ➢ **Semi-dry systems:** 15 to 25% TS, best suited for combinations of manure and crop residues.
- ➢ **Dry/ solid-state systems:** more than 25% TS, standard for straw, silage, and organic municipal waste. Dry systems are simpler and don't require as much water, which makes the reaction much slower and reduces the efficiency too (Deublein & Steinhauser, 2011; Köttner, 2020).

Anaerobic digestion is very beneficial because it reduces greenhouse gas emissions from uncontrolled waste decomposition, provides renewable energy, and helps stabilize organic residue. Nonetheless, the composition of the feedstock can significantly reduce AD's performance, especially if the feedstock contains high levels of lignocellulosic materials and requires pretreatments.

3.2 Dry Fermentation:

According to the German Biogas Association (Köttner et al., 2021), dry fermentation, or what we also call solid-state anaerobic digestion (SSAD), is a biological process in which microorganisms break down solid organic materials that contain high TS content (≥ 25 %) in the complete absence of oxygen, to generate biogas and digestate. The difference between anaerobic digestion and dry fermentation is basically the amount of water they require to function dry fermentation uses little or no added water, ideal for fibrous and bulky feedstocks like straw, silage, or mixed agricultural residues, whereas AD handles feedstock containing a way higher water/moisture content.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

In the case of dry fermentation, the microbial activity happens in sealed batch reactors under temperatures between 50 and 55 °C, to improve microbial efficiency. Later, the generated biogas gets trapped in the reactor's headspace and is then collected for use.

Despite the simplicity of its design, dry fermentation faces many challenges, mainly caused by the low moisture content in the feedstock, which could be overcome if wet materials, like manure, are mixed in with the much drier agricultural residue, to alter moisture, nutrients, and microbial activity, in a process called co-digestion (Weiland, 2010; Angelidaki et al., 2018).

3.3 Composting:

According to Mulbah et al. (2023), composting might be one of the oldest recycling methods used. It basically builds a cycle of taking from the land then eventually giving back to the land: organic matter left over by soil is broken down by microorganisms and decomposed in the presence of oxygen to generate a sort of conditioner or fertilizer for the soil itself. Contrary to AD or even dry fermentation, composting doesn't generate energy; it just recycles nutrients and decreases their volume. Composting happens in 3 main stages:

- **Active or thermophilic phase:** where microbial organisms break down compounds, raising the temperature to around 50 to 65 °C
- **Cooling phase:** where more complex elements like cellulose and lignin are decomposed
- **Maturation phase:** where the compost is more stable and becomes actually safe and beneficial for plants

Like the other biological conversion methods, composting is very highly impacted by environmental conditions like moisture levels and aeration, and feedstock characteristics like size and C/N ratio. In many areas, agricultural residues like straw, husks, and leaves are mixed in with other residues like manure to balance out nitrogen levels and thus, enhance the performance of microbial activity (Bernal et al., 2017). Composting does release a certain amount of CO2, but it is also beneficial in the way that it prevents methane emissions generated by the open-air decomposition and thus provides a more environmentally friendly way to recycle and process biomass. Composting is often used in combination with anaerobic digestion in integrated waste management systems; the digestate from AD is the initial starter material for compost generation.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

3.4 Key Biological parameters:

According to the FAO (2023), biological conversion routes are a set of operations that utilize microbial organisms to degrade biomass and turn it into simpler elements, energy carriers, or even fertilizers. The performance of the conversion operations depends entirely on the biological characteristics of the organic matter that directly impacts microbial activity and the operational parameters of the process itself that impact the system's stability and efficiency. The ideal conversion process requires control over different environmental conditions (pH levels and nutrient balance, etc) to guarantee the healthy and efficient management of the microbial ecosystem (Angelidaki et al., 2018).

The following subsections shed light on the main parameters that impact the performance of biological conversion methods; they also discuss the use of composting and AD in circular waste management.

3.4.1 Pretreatment:

As the name suggests, pretreatment is a process or set of processes that aim to prepare the feedstock to be biologically degraded. This step aims to improve the degradability of organic matter, especially lignocellulosic residues, so it becomes easier for microorganisms to decompose them. For example, cellulose, hemicellulose, and lignin are elements that tend to resist degradation by microorganisms, which is where pretreatment methods get involved, shaking and loosening the elements' structure, thus improving the efficiency of hydrolysis and other biological conversion steps (Carrere et al., 2016).

There are various ways to apply pretreatment:

- **Physical pretreatment**: that changes the physical structure of feedstock with milling, grinding, and extrusion.
- **Thermal pretreatment:** that changes the structure using heat with methods like steam explosion and hydrothermal processing.
- **Chemical pretreatment:** that changes the structure using chemical ingredients like acids.
- **Biological pretreatment:** that changes the structure using biological components like enzymes or microbes.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The choice of the pretreatment method depends entirely on operational factors like cost, efficiency, and environmental impact, too. Some modern research even suggests that combining pretreatments could eventually reduce inhibitory by-products and save on energy losses (Zhang et al., 2021). Using an adequate and effective pretreatment directly improves methane yield in AD and makes the process of composting faster and more efficient.

3.4.2 Nutrient Balance:

It is important to provide the microorganisms of the biological conversion methods with the right balance of Carbon, Nitrogen, Phosphorus and sulphur, along with the right levels of micronutrients, in order for them to function and perform at the best levels. The carbon-to-nitrogen ratio (C/N) is one of the most vital, which is why it needs to be constantly monitored and set at an ideal range of 20 to 30, to ensure a proportional amount of nitrogen necessary for growth (Zhao et al., 2020).

Residues like corn stover and straw have a natural tendency to contain a high C/N ratio, which means they are rich in carbon and don't have enough nitrogen. On the other hand, waste like animal manure is rich in nitrogen. Therefore, it makes perfect sense that a combination (co-digestion) of these types of waste would optimize the conversion operation, enhance nutrient balance, and consequently, improve biogas yield (Zhang et al., 2021; Angelidaki et al., 2018). Another risk of not maintaining adequate nutrient balance is acidification during the process of anaerobic digestion, which generates more odor and high levels of nitrogen loss.

3.4.3 Retention Time and Temperature Control:

HRT, the hydraulic retention time, is the average time that organic matter stays in the bioreactor. HRT is a main parameter that defines the degradation level of the substrate, as well as the stability of the microorganisms.

For wet AD, HRT is normally set between 15 and 30 days, while dry fermentation typically requires longer periods ranging between 30 and 60 days due to the slower microbial degradation (Deublein & Steinhauser, 2011; Köttner et al., 2021).

Temperature is another factor that directly influences microbial activity. Biological conversion systems, generally, require a temperature that ranges between 35 and 40 °C for mesophilic

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

conditions, and a temperature of 50 to 55 °C for thermophilic conditions.

4. Thermochemical Conversion Methods:

According to the Food and Agriculture Organization (FAO, 2023), thermochemical conversion involves "the decomposition of organic material by the action of heat, with or without the presence of oxygen or other chemical agents, to produce solid, liquid, or gaseous fuels." These methods are particularly suitable for dry and lignocellulosic residues with low moisture content—such as straw, husks, shells, and woody biomass—where biological processes are less efficient

4.1 Pyrolysis:

According to Bridgwater (2012), pyrolysis is the thermal degradation of organic matter in the complete absence of oxygen; this operation generates bio-oil, syngas, and biochar. The normal range of temperature under which pyrolysis operates is 350 °C to 700 °C, depending on the distribution of the product needed.

Pyrolysis has three main types:

- Slow pyrolysis: high biochar generation and longer residence time.
- Fast pyrolysis: higher liquid bio-oil generation and fast heating.
- Flash pyrolysis mainly produces gas, and its reaction time is extremely short.

The bio-oil generated through pyrolysis can be refined into transportation fuels, whereas the biochar is more favoured for carbon sequestration and solid conditioning. The ratio of these two by-products is very much dependent on substrate composition, the size of the particles, heating, and the type of reactor (Mohan et al., 2006).

4.2 Gasification:

Gasification is the process of partial oxidation that turns solid organic matter into syngas (a combustible gas mix), containing carbon monoxide, hydrogen, carbon dioxide, and methane. Gasification requires a temperature range of 700 to 1,000°C, with minimal oxygen levels, air and steam (IEA Bioenergy, 2018). Syngas can be used as fuel in combustion engines, turbines, or even boilers. It can also be upgraded into synthetic methane through different types of

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

processes, such as methanation. The synthetic fuel generated could be synthetic natural gas (bio-SNG), bio-methanol, or bio-hydrogen (Basu, 2018).

Compared to direct combustion, gasification is more energy-efficient, but it also faces many engineering challenges, such as tar formation, slagging (ash melting), or substrate heterogeneity, which is why it is necessary always to monitor particle sizes and use pre-drying to maintain the performance and stability of the gasification process.

4.3 Combustion:

Combustion is the most proven and most direct of the thermochemical processes. Combustion requires the total oxidation of organic matter in the presence of air, producing heat, steam, and electricity. The typical temperature at which combustion is done is between 800°C and 1,000°C (FAO, 2023; IEA Bioenergy, 2018). The performance of combustion depends on moisture content, particle size, air distribution, and ash composition, and is greatly reduced for silica-rich residues, as silica causes slagging and fouling (Basu, 2018).

More recent combustion systems contain suspension burners, grate furnaces, or fluidized-bed reactors that ensure high operational efficiency while keeping emissions at a minimum. Emission controls like ESPs (electrostatic precipitators) and flue-gas scrubbers contribute to reducing emissions in compliance with air-quality standards (Kaltschmitt et al., 2016). Even though combustion doesn't directly generate fuels, it is still the primary method used worldwide for bioenergy generation, especially in industrial boilers and power generation from agricultural residues.

4.4 Comparison and Integration:

The following table illustrates the main characteristics of each thermochemical conversion system (Basu, 2018); (Bridgwater, 2012); and (IEA Bioenergy, 2021)

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Table 2. Comparison of Combustion, Gasification, and Pyrolysis

Combustion	**Gasification**	**Pyrolysis**
- Direct and immediate energy generation - Excess oxygen is needed - High conversion efficiency in CHP and boilers. - Suits dry and low-moisture feedstocks.	- Syngas generation from solid feedstocks. - Diverse by-product uses. - Suits modern energy systems and industrial operations.	- Generates 3 different by-products. - Operates efficiently with controlled heating and no oxygen. - Yields bio-oil, biochar, and syngas

Note. Data synthesized from Basu (2018); Bridgwater (2012); and IEA Bioenergy (2021).

Integration:

If we take a closer look at all of these methods, we come to realize that they do have their own fortes, which makes them also seem correlative and almost complementary. This is where the idea of hybrid systems comes from: to use the strength of one system to compensate for the shortcomings of another. Indeed, theoretically, and under the right conditions, hybrid systems could enhance resource management and exploitation, all while minimizing greenhouse gas emissions (Lehmann & Joseph, 2015; IEA Bioenergy, 2021).

---

5. Feeding Types and Feeding Methods in Bioenergy Systems:

While conversion systems are of the utmost importance, feeding systems are equally essential to the production process. Indeed, the way substrate is introduced into any conversion system, biological or thermochemical, plays a crucial role and follows a set of guidelines. The feeding process must align with the requirements of the conversion method it accompanies to achieve maximum efficiency. There are two main characteristics that define feeding:

- **Feeding type**, which is the physical and moisture content of the biomass.
- **Feeding method**, which is the frequency at which feedstock is provided to the reactor.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Both these characteristics must conform to the type of conversion process, whether biological or thermochemical, to guarantee the best possible results (Deublein & Steinhauser, 2011; Köttner et al., 2021).

5.1 Feeding Types:

Table 3 summarizes the main feeding types in both biological and thermochemical conversion systems, outlining their most relevant characteristics in light of their importance and the role they play in bioenergy production (Weiland, 2010; Köttner et al., 2003; Banerjee et al., 2022).

Table 3. Key Characteristics of Wet, Semi-Dry, Dry, and Thermochemical Feeding Systems

Feeding Types	**Wet**	**Semi-Dry**	**Dry**	**Thermochemical**
Total Solids TS	Less than 15%	15-25%	More than 25%	≤15 % (ideal)
Feedstocks	Manure, sewage sludge, liquid food waste.	Crop and manure mix, silage, mixed agro residues	Straw, stackable residues, green waste, energy crops	Dried straw, husks, wood chips, pellets
Most Compatible Process	AD and co-digestion.	AD and semi-dry co-digestion	Dry fermentation	Combustion, gasification, pyrolysis
Main Advantages	➢ Easy pumping and mixing ➢ Stable microbial activity ➢ Well-proven technology	➢ Less water use ➢ Smaller reactor ➢ Suited for mixed residues	➢ Minimal water use ➢ Low maintenance	➢ High energy efficiency ➢ By-product flexibility
Limitations	➢ High water demand ➢ Large digester volume	➢ Risk of acidification ➢ Complicated mixing and feeding	➢ Uneven degradation ➢ Longer retention time ➢ Lower methane yield	➢ Pre-drying needed ➢ Size uniformity needed ➢ Higher capital needed

Note. Data summarized and adapted from Weiland (2010); Köttner et al. (2003); and Banerjee et al. (2022).

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

5.2 Feeding Methods:

Feeding method is the amount of feedstock and the frequency at which it is supplied to the reactor. The feeding method has a direct link with process continuity and biogas or syngas consistency (Deublein & Steinhauser, 2011; Angelidaki et al., 2018). There are many types of feeding methods.

5.2.1 Batch Feeding:

Batch feeding is when all the substrate is supplied to the reactor and sealed in for the whole operation period. No material is added, and no intervention is conducted until the cycle is completed. The digestate is then removed, and a fresh batch is supplied to start a whole new cycle. Batch feeding is generally used for dry fermentation and solid-state AD, mainly when the feedstock is processed in a stackable form and at a smaller scale.

Batch feeding is usually low-cost and straightforward because it requires minimal extra equipment for pumping and mixing, and is easier to construct and maintain, which makes this method perfect for farm-based bioenergy plants. In addition, cross-contamination could be minimized due to the sealing and direct control over the duration of the operation.

However, batch feeding does have many limitations, such as the non-uniformity of gas production flow (it starts off with a lag phase, then peaks during the degradation, and then declines again by the end of the operation). The fluctuation and irregularity of the biogas produced, along with the manual loading of feedstock and unloading of digestate, tend to increase labor needs and limit scalability and continuous energy supply. But despite these constraints, batch feeding systems are still an excellent choice for seasonal feedstock or in regions where water is limited (Weland, 2010; Köttner et al., 2021).

5.2.2 Semi-Continuous Feeding:

Semi-continuous feeding systems operate by supplying new feedstock to the reactor on a consistent and regular basis, depending on the requirements of the conversion method. Semi-continuous feeding systems maintain a steady pace and a balanced microbial activity by aligning the amount of substrate going into the reactor with the amount of digestate being removed. This steady flow helps stabilize the by-product generation and, as a result, creates an even stream of biogas.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

On the operational level, semi-continuous feeding allows better control over different parameters (temperature, pH, retention time). This flexibility makes these systems the most used strategy in commercial biogas plants (Angelidaki et al., 2018; Deublein & Steinhauser, 2011). However, regular feeding means more mechanization, supervision, and extra equipment, at least when compared with batch feeding; and mechanization, supervision, and extra equipment mean higher costs. Semi-continuous feeding systems also face their own set of risks that could jeopardize the whole operation; these risks include foam formation and acid accumulation caused by uneven mixing or even overfeeding.

5.2.3 Continuous Feeding:

Continuous feeding systems are designed to work within a steady-paced framework, to guarantee a regular inflow of substrate and outflow of digestate, in a non-stop procedure. This type of operation ensures sustainability, uniformity, and consistency over time; the substrate goes in steadily, and the by-products come out that way too. Continuous feeding is the most technically advanced feeding method, which is why it is more commonly used in large-scale anaerobic digesters, industrial biogas plants, and thermochemical reactors, such as those used in the gasification and pyrolysis processes. Continuous feeding systems also achieve conditions that would be hard to attain with the other systems, such as uniform temperature distribution, stable and constant output of syngas or biogas, and enhanced reactor efficiency.

However, generally, the better the technology, the higher the cost. Indeed, the complexity of continuous feeding systems and the sophistication of the equipment they use (sensors, pH trackers, etc.) require both the funds to finance the operation and the supervision to keep it all running.

Despite the challenges, the implementation of continuous feeding systems and the addition of digital control can open the door towards the establishment of fully smart bioenergy facilities (Basu, 2018; IEA Bioenergy, 2021).

---

6. Academic research

6.1 China:

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

In 2021, Zhang et al. conducted a very detailed evaluation of the agricultural residue in China. Zhang et al. used a GIS spatial framework, meaning their study located residue production locations, determined how these residues were produced and the environmental conditions surrounding them, all by using satellite maps and location data. This technology allows the calculation of 3 different potentials: theoretical, technical and sustainable. In the case of Zhang et al. (2021), the evaluation came to the following results:

- **Theoretical potential:** 13 900 PJ/year
- **Technical potential:** 7 810 PJ/year
- **Sustainable potential:** 1 990 PJ/year (143 million tons of biogas)

The fact that the recoverable potential is only about 15% of the theoretical potential goes to show how much the environmental and logistical conditions restrict the bioenergy production process and how much they impact the final obtainal amount.

The study also used the results to map the regions with the highest levels of contribution, and identified them as: Henan, Shandong, and Heilongjiang. Each of these three provinces contributes with more than 150 PJ/year. Zhang et al. also highlights and emphasizes the importance of maintaining the stability of the soil and not let it be damaged by the bioenergy generation needs, because after all, the ecosystems are the initial and most valuable link in the production process, the soil is the supplier.

6.2 India:

In a national-scale study in 2022, Vaish, Mittal, and Nanda used RPRs, collection data and energy conversion factors to estimate gross residue potential and recoverable residue potential in India. This study even considered the partial loss due to animal feed and soil amendment, and the results were as follows:

- **Gross residue potential:** 480 million tons/year
- **Recoverable residue potential:** 121 million tons/year

As seen in the results, the amount of biogas recoverable is only around 25% of the theoretical amount, making it around 1 988 PJ/year.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

After mapping and analysing contributions, the study determines that the northern states of India (Punjab and Haryana) contribute with about 40% of the national residue surplus, due to their agricultural activity of rice and wheat cultivation. This percentage highlights the regional disparity and emphasizes that locals tend to apply harmful open burnings due to the lack of bioenergy conversion plants even in the regions with very high residue generation, leading to an acute underdevelopment in the rural energy production sector and a lack of pollution control (Vaish et al. 2022)

6.3 Brazil:

In 2023, Alves et al. conducted a bioenergy potential study to evaluate renewable energy potential from crops, focusing on sugarcane, soybean, maize, rice and wheat, Brazil's largest cultivated crop types. The study focused on analysing potential biogas generated based on crop type and conversion methods, notably direct combustion, gasification and pyrolysis. The results were as follows:

- **Total agricultural residue:** 679 to 780 million tons/year
- **Estimated energy potential:** 1 267 PJ/year
- **Highest contributing crop:** sugarcane bagasse (60% of the national total residue amount)
- **Conversion efficiencies:** 30 to 35% for the thermal pathways

The study also dabbled into the long-term environmental outcomes of bioenergy implementation and suggested that replacing fossil fuels with biomas residues could potentially lower CO_2 emissions by 110 to 125 million tons every year, that is around 8% of the total energy sector emissions (Alves et al. 2023).

6.4 Ethiopia

A more recent study conducted in Ethiopia by Tesfay et al. (2024), focused on data from 2015 to 2020 to study the agricultural residue potential of 27 different crops in Ethiopia. The study found that maize, sorghum, and wheat were the highest contributing crops, as they respectively represent 27%, 22%, and 15% of the national residue produced. The energy potential results were as follows:

- **The average total residue generation:** 494.7 PJ/year

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

- **Oil equivalent:** 11.8 to 16.9 million tons (Mtoe)
- **The sustainable residue potential:** between 220 and 250 PJ/year

The study suggests that even the sustainable residue potential, which is about 45 to 50% of the total theoretical potential, could reduce fossil fuels import by 20%, if utilized fully and properly. The environmental benefits would also be substantial, as this operation would lower CO_2 emissions by 3.2 Mt yearly. Based on these results, Tesfay et al. (2024) recommended the implementation of decentralized AD facilities to improve full resource exploitation, identifying logistics, moisture management and plant development as the region's key challenges.

6.5 European Union

In a 2016 study conducted by The European Commission's Joint Research Centre on all of the 28 EU member states, and after applying sustainability filters, erosion risk and soil organic carbon threshold, it was estimated that only 30 to 35% of the total residues can be collected and used in bioenergy generation, in order to guarantee and safeguard the well-being and fertility of the soil. This is where the term "sustainable removal rate" was introduced to further highlight the huge impact that residue recovery plays in either harming the soil if done excessively and in disregard of policies or preserving soil if conducted in compliance with circular bioeconomy strategies. The residue and energy results were as follows:

- **Technical residue potential:** 2 941 PJ/year for 168 million tons of residues

The study revealed that France, Germany and Poland alone contributed with almost 40% of the European Union's potential, recommending a strict conformity to the EU's climate and soil policies (European Commission, 2016).

6.6 United States of America

In the United States of America, assessments have been conducted to evaluate the national biomass availability, these assessments are some of the most comprehensive as they include economic factors, logistics, and long-term sustainability. In 2023, the U.S. Department of Energy has put out the Billion-Ton Report, where it was projected that 15 to 20% of the U.S. renewable energy demand could be covered by 2050. The results of the report were as follows:

- Total dry tons of Biomass: 0.6 to 0.9 billion tons/year

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

- Agricultural residues: 180 to 230 million tons/year
- Energy potential: 3500 to 4 500 PJ/year (Around 83 to 107 Mtoe)

The 20% of renewable energy demand to be covered would save the U.S. 200 Mt of CO_2 emissions yearly. BT23 also does a mapping of the country's highest biomass yielding regions and identified them as the Midwest and Great Plains and made a point of emphasizing the importance of aligning the agricultural residue map with the industrial bioenergy deployment plan (U.S. Department of Energy, 2024).

---

7. Conclusion

Agricultural residues are some of the most promising sources of renewable and sustainable bioenergy in the world. The review illustrates how both the biological conversion method and the thermochemical conversion method contribute to the optimization of bioenergy production operations. Both conversion methods have different functional elements and are used in various ways under different sets of parameters. While anaerobic digestion, dry fermentation, and composting are more environmentally friendly, thermochemical processes such as pyrolysis, gasification and combustion generate higher amounts of biogas and syngas and offer higher conversion efficiency.

Another major factor of performance efficiency across all conversion methods is, of course, feeding strategy that combines type and method of feeding. Feeding type is the set of characteristics that define the feedstock, and it is classified into 4 types: wet, semi-dry, dry, and thermochemical. Wet systems are perfect for liquid wastes, semi-dry and dry systems are more favoured for feedstock that is more fibrous and stackable, while thermochemical systems work best on pre-dried substrate. Moisture and solid content levels in residues determine the correct feeding type for a maximum gas yield.

Feeding methods determine the rate at which substrate is fed into the reactors. There are 3 classes of feeding methods: batch systems that suit smaller-scale dry fermentation operations because of their simplicity, semi-continuous systems that ensure stability and decent efficiency at agricultural farm-based plants, and continuous systems that work on a larger scale, providing consistent output but also requiring a higher level of maintenance.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The future of residue-based bioenergy depends heavily on the ability to mix and match between advanced hybrid designs and optimal feeding strategies. There are gaps that can only be closed by combining biological and thermochemical conversion systems to enhance performance further, ensure consistent and reliable gas output, and keep the balance of ecosystems.

References:

Ali, F., Dawood, A., Hussain, A., Alnasir, M. H., Asad Khan, M. S., Butt, T. M., … Janjua, N. K. (2024). *Biomass applications for green and sustainable energy*. Discover Sustainability. https://doi.org/10.1007/s43621-024-00309-z

Alves, E. P. R., Sombra-Paniagua, O., Nunes, J., & Mata-Marin, C. (2023). *Renewable energy potential and CO_2 performance of the main biomasses used in Brazil. Energies, 16*(9), 3959. https://doi.org/10.3390/en16093959

Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., Campanaro, S., Wenzel, H., & Kougias, P. G. (2018). Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances, 36*(2), 452–466. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.01.011

Azizpanah, A., et al. (2025). Quantifying bioenergy potential and environmental impacts of agricultural residues. *PLOS ONE.* https://doi.org/10.1371/journal.pone.0333492

Banerjee, S., Prasad, N., & Selvaraju, S. (2022). *Reactor design for biogas production – A short review. Journal of Energy and Power Technology, 4*(1), 004. https://doi.org/10.21926/jept.2201004

Basu, P. (2018). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory* (3rd ed.). Academic Press.

Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2017). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology, 100*(22), 5444–5453. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027

Bridgwater, A. V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy, 38*, 68–94. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.048

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Carrere, H., Antonopoulou, G., Affes, R., Passos, F., Battimelli, A., Lyberatos, G., & Ferrer, I. (2016). Review of feedstock pretreatment strategies for improved anaerobic digestion: From lab-scale research to full-scale application. *Bioresource Technology, 199*, 386–397. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.007

Deublein, D., & Steinhauser, A. (2011). *Biogas from Waste and Renewable Resources* (2nd ed.). Wiley-VCH.

FAO. (2023). *Glossary of bioenergy terms: Biological conversion, thermochemical conversion, and integrated bioenergy systems.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/bioenergy

Haberl, H., et al. (2010). The global technical potential of bio-energy in 2050. *Energy & Environmental Science.* https://doi.org/10.1039/b922422h

Hayyat, U., Ali, M., Ahmad, M., Irfan, M., Sulaiman, S. A., & Khan, M. S. (2024). *Recent developments and challenges in biomass cookstove technologies: A review. Energy Reports, 12*, 3962–3978. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.05.060

IEA.(n.d.). *Bioenergy.* International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/bioenergy

IEA Bioenergy. (2018). *Mobilisation of Agricultural Residues for Bioenergy Systems* (TR2017-01). https://www.ieabioenergy.com/

IEA Bioenergy. (2021). *Progress in Thermochemical Conversion of Biomass and Waste.* Task 33 Report. https://www.ieabioenergy.com/

IEA Bioenergy. (2022). *Carbon Dioxide Removal from Bioenergy Systems: Bio-CCS and Biochar.* Task 45 Position Paper. https://www.ieabioenergy.com/

Joint Research Centre (European Commission). (2016). *Integrated and spatially explicit assessment of sustainable crop residues potential in Europe.* Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC105336

Köttner, M., Heiermann, M., & Schelle, H. (2003). *Dry fermentation biogas technology. Institute for Agricultural Engineering (ATB), Potsdam-Bornim.*

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KOETTNER%20et%20al%202003%20Dry%20fermentation%20biogas%20technology.pdf

Köttner, M. (2020). *Dry Fermentation Technology for Biogas Production.* German Biogas Association. https://www.biogas.org/

Köttner, M., Jahn, A., & Schlegel, F. (2021). *Dry Fermentation – Solid-State Anaerobic Digestion for Biogas Production.* German Biogas Association. https://www.biogas.org/

Danso-Boateng, E., & Achaw, O.-W. (2022). *Bioenergy and biofuel production from biomass using thermochemical conversion technologies — a review*. AIMS Energy, 10(4), 585–647. https://doi.org/10.3934/energy.2022030

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (2nd ed.). Routledge.

Mohan, D., Pittman, C. U., & Steele, P. H. (2006). Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review. *Energy & Fuels, 20*(3), 848–889. https://doi.org/10.1021/ef0502397

Mulbah, R. F., Yana, T., & Zimba, E. (2023). *Composting unearthed: A comprehensive review of challenges, historical evolution, prospects, applications, and processes. International Journal of Creative Research Thoughts, 11*(1), 1–15.* https://www.researchgate.net/publication/377437511_Composting_Unearthed_A_Comprehensive_Review_Of_Challenges_Historical_Evolution_Prospects_Applications_And_Processes

Singh, R., Kalamdhad, A. S., Lin, C. S. K., & Chen, W.-H. (2022). *Integrated system of anaerobic digestion and pyrolysis for valorization of agricultural and food waste toward a circular bioeconomy: A review. Bioresource Technology, 362*, 127774. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127774

Tesfay, A. G., Tesfay, A. H., & Adaramola, M. S. (2024). *Quantifying agricultural residues biomass resources and the energy potentials with characterization of their nature and Ethiopian case consumption inference. Energies, 17*(18), 4736. https://doi.org/10.3390/en17184736

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

U.S. Department of Energy, Bioenergy Technologies Office. (2024). *2023 Billion-Ton Report: An assessment of U.S. renewable carbon resources (BT23).* https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-03/beto-2023-billion-ton-report_2.pdf

Vaish, S., Mittal, A., & Nanda, S. (2022). *Estimation for potential of agricultural biomass sources as projections of bio-briquettes in Indian context. Sustainability*, *14*(9), 5077. https://doi.org/10.3390/su14095077

Weiland, P. (2010). Biogas production: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *85*(4), 849–860. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7

Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2021). Reviewing the anaerobic digestion of agricultural residues—Enhancing the performance by pretreatment and co-digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *139*, 110707. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110707

Zhao, Q., Wang, Y., Wang, X., & Chen, R. (2020). Nutrient balance and process stability during anaerobic digestion of agricultural residues: A critical review. *Renewable Energy, 160*, 1113–1124. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.072

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

HAYVANSAL ATIKLARIN YÖNETİMİ VE ENERJİYE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Omar Alshekh ZEIN

Karabuk Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği

omarsh339@gmail.com

Mehmet Volkan AKSAY

Karabuk Üniversitesi Makina Mühendisliği

volkanaksay@karabuk.edu.tr

https://orcid.org/0000-0002-7393-8089

Özet

Hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi, sürdürülebilir enerji üretimi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu süreç hem çevresel kirliliği azaltmakta hem de ekonomik açıdan katma değer sağlamaktadır. Günümüzde dünya genelinde enerji talebi hızla artmakta, fosil yakıtların tükenmesi ve çevreye verdiği zarar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim giderek önem kazanmaktadır. Hayvansal atıkların biyogaz üretiminde değerlendirilmesi, özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde alternatif bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, hayvansal atıkların biyokütle enerjisi üretiminde kullanımı, dönüşüm teknolojileri, enerji verimi, çevresel ve ekonomik etkileri ile karşılaşılan zorlukları ve gelecekteki fırsatları kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Ayrıca farklı ülkelerdeki uygulamalardan örnekler verilerek küresel bir bakış açısı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hayvansal atık, biyokütle enerjisi, biyogaz, sürdürülebilirlik, enerji verimliliği.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. Giriş

Enerji, modern toplumların ekonomik ve teknolojik gelişiminde kilit bir rol oynamaktadır. Fosil yakıtların neden olduğu karbon salınımı ve çevresel etkiler, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklar, sürdürülebilir enerji çözümleri arasında önemli bir yer tutmaktadır [1].

Küresel düzeyde toplam birincil enerjideki payı hala mütevazı olmasına rağmen, yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerjiye uygulanabilir bir alternatif sunmaktadır. Yenilenen doğal süreçlere (yani güneş, rüzgâr, okyanus, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal kaynaklar, biyoyakıtlar ve hidrojen) dayalı olarak elde edilen yenilenebilir enerji, geleneksel enerjiye kıyasla birçok önemli avantaja sahiptir. Yenilenebilir enerji, tükenmez kaynaklardan elde edilir, küresel ısınmayı azaltır, kirliliği azaltarak sağlığı iyileştirir, yeni işler ve ekonomik faydalar yaratır ve güvenilir ve dayanıklı olduğu için enerji fiyatlarını dengeler [2].

Biyokütle enerjisi, canlı organizmalardan veya onların atıklarından elde edilen yenilenebilir bir enerji türüdür. Tarım ve hayvancılıkla uğraşan bölgelerde, özellikle hayvansal atıklar yüksek enerji potansiyeline sahiptir. Bu atıkların işlenmesiyle elde edilen biyogaz, çevreye zarar vermeden enerji üretimi sağlar ve aynı zamanda organik gübre üretimiyle tarımsal verimliliği artırır. Biyogaz üretimi dünya genelinde artmakta olup, özellikle Çin, Hindistan ve Avrupa ülkelerinde farklı ölçeklerde yaygın olarak uygulanmaktadır [3].

Bu gelişmeler, hayvansal atıkların yalnızca bir çevre sorunu değil, aynı zamanda ekonomik değeri yüksek bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda bu çalışma, hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesini çevresel, ekonomik ve teknolojik boyutlarıyla incelemekte ve küresel düzeyde uygulamalara yer vermektedir.

2. Hayvansal Atıkların Biyokütle Kaynağı Olarak Önemi

Hayvansal atıklar; gübre, idrar, yem artıkları, süt atıkları ve ölü dokulardan oluşmaktadır. Bu atıkların kontrolsüz biçimde doğaya bırakılması, su ve toprak kirliliğine, metan gazı salınımına ve kötü kokuya neden olmaktadır. Ancak uygun yönetim yöntemleriyle bu atıklar, yüksek enerji içeriğine sahip biyokütle kaynaklarına dönüştürülebilmektedir [4].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Avrupa'da biyogaz üretimi, yenilenebilir enerji politikalarının ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin önemli bir bileşeni hâline gelmiştir. Hayvansal atıklar, tarımsal kalıntılar ve organik atıklar, Avrupa Birliği ülkelerinde biyogaz üretiminde en yaygın kullanılan hammaddeler arasındadır. Almanya, Danimarka ve İsveç gibi ülkeler, gelişmiş biyogaz teknolojileri ve güçlü yasal destek mekanizmaları sayesinde bu alanda lider konumdadır. Avrupa'daki biyogaz tesisleri, enerji arz güvenliğini artırmanın yanı sıra, sera gazı emisyonlarını azaltarak döngüsel ekonomi yaklaşımına da katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda biyogaz hem enerji üretiminde hem de atık yönetiminde stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir [5].

Tablo 1. Farklı Hayvan Türlerinden Elde Edilen Ortalama Biyogaz Verimi [6]

Hayvan Türü	**Ortalama Biyogaz Verimi (m^3 CH_4 / ton)**
Sığır	20-30
Domuz	40-55
Tavuk	50-65
Koyun	25-35

3. Biyokütle Enerjisi Dönüşüm Teknolojileri

Enerji dönüşüm teknolojileri, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde edilmesini sağlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin genel adıdır. Bu süreçler arasında yanma (combustion), gazifikasyon (gasification), piroliz (pyrolysis), anaerobik sindirim (anaerobic digestion) ve fermantasyon (fermentation) gibi yöntemler yer almaktadır. Her bir teknoloji, biyokütlenin farklı bileşenlerini dönüştürerek ısı, elektrik veya biyoyakıt üretimine katkı sağlar [7].

Bu teknolojiler, organik atıkların yapısına, nem oranına, enerji ihtiyacına ve ekonomik koşullara bağlı olarak farklı yöntemlerle uygulanır. Temel amaç, atıklardaki kimyasal enerjiyi kullanılabilir ısı, elektrik veya yakıta dönüştürmektir [8].

Bu kapsamda hayvansal atıklardan enerji üretiminde en yaygın kullanılan dört yöntem şunlardır:

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

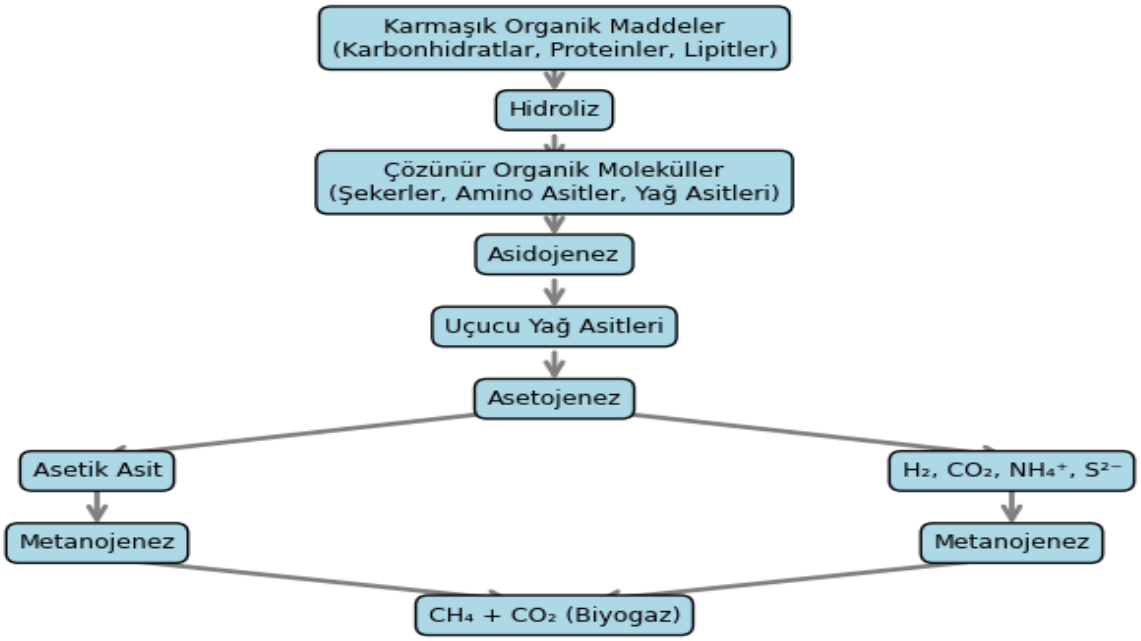
Anaerobik çürütme, yakma, gazlaştırma ve piroliz.

3.1. Anaerobik Çürütme

Anaerobik çürütme, oksijensiz ortamda mikroorganizmaların organik maddeyi parçalamasıyla biyogaz üretimi sağlayan bir biyoteknolojik süreçtir [9].
Bu süreçte dört ana aşama vardır:

1. Hidroliz
2. Asidogenez
3. Asetogenez
4. Metanogenez

Her aşamada farklı mikroorganizmalar aktif rol oynar. Son aşamada metanojen bakteriler, organik asitleri ve asetatı metana dönüştürür. Elde edilen biyogaz ortalama %60–70 metan, %30–40 karbondioksit içerir ve enerji değeri 22–25 MJ/m³'tür [10].



Şekil 1. Anaerobik Fermantasyon Aşamaları [11]

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Anaerobik çürütme sonucu oluşan sıvı yan ürün (digestat), organik gübre olarak tarımda kullanılabilir. Bu sayede atık hem enerjiye hem de verimli gübreye dönüşür [12].

Ancak, AD teknolojisini uygularken karşılaşılan zorlukların ele alınması gerekmektedir. Gübrenin biyoenerji potansiyeli, malzeme toplama ve taşıma sırasında kaybolacaktır. Büyük ölçekli hayvancılık hala tartışmalı olsa da, bu tür çiftçilik, hayvan gübresinin enerji geri kazanım oranını artırabilir. Faydaların nasıl elde edileceği ve sürdürülebilir kalkınmanın nasıl sürdürüleceği de AD'nin tanıtımı için bir darboğazdır. AD projelerinde enerji girdisinin azaltılması ve hayvan gübresinin metanojenez verimliliğinin artırılması, biyogaz projelerinde yüksek net çıktı elde etmenin temel faktörleridir. Paydaşların gübre kaynaklı biyogaz projelerinden faydalanabilmeleri için daha kapsayıcı stratejiler ve daha geniş bir vizyon benimsenmelidir [13].

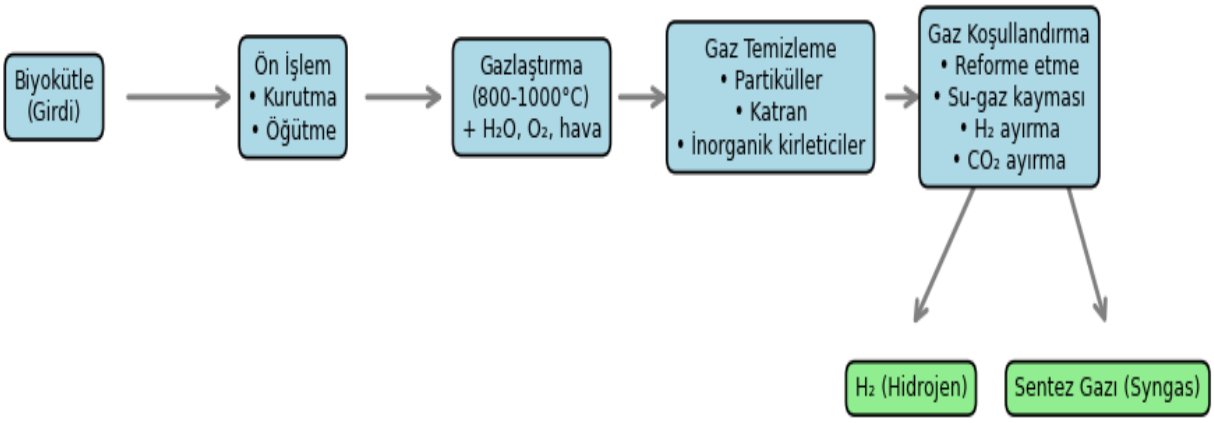
3.2. Yanma

Yanma, biyokütlenin oksijenli ortamda tamamen yakılmasıdır. Bu yöntemle ısı enerjisi elde edilir ve bu ısı, buhar türbinleri aracılığıyla elektriğe dönüştürülür [14].
Ancak hayvansal atıkların nem oranı yüksek olduğu için doğrudan yakılmaları verimli değildir; bu nedenle kurutma işlemi gereklidir. Yanma teknolojisi genellikle büyük ölçekli enerji santrallerinde tercih edilir. Verim oranı %80–85 civarındadır [15].

3.3. Gazlaştırma

Gazlaştırma, biyokütlenin yüksek sıcaklıkta (800–1000°C) kısmi oksidasyonla sentez gazına (H_2, CO, CH_4) dönüştürülmesidir.
Bu sentez gazı (“syngas”) elektrik üretiminde, kimyasal sentezlerde veya hidrojen yakıt üretiminde kullanılabilir. Gazlaştırmanın avantajı, daha az atık bırakması ve hızlı enerji üretimi sağlamasıdır. Ancak kurulum maliyeti yüksektir ve teknoloji altyapısı gerektirir[16] .

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Şekil 2. Biyokütle Gazlaştırma Süreçleri [17]

3.4. Piroliz

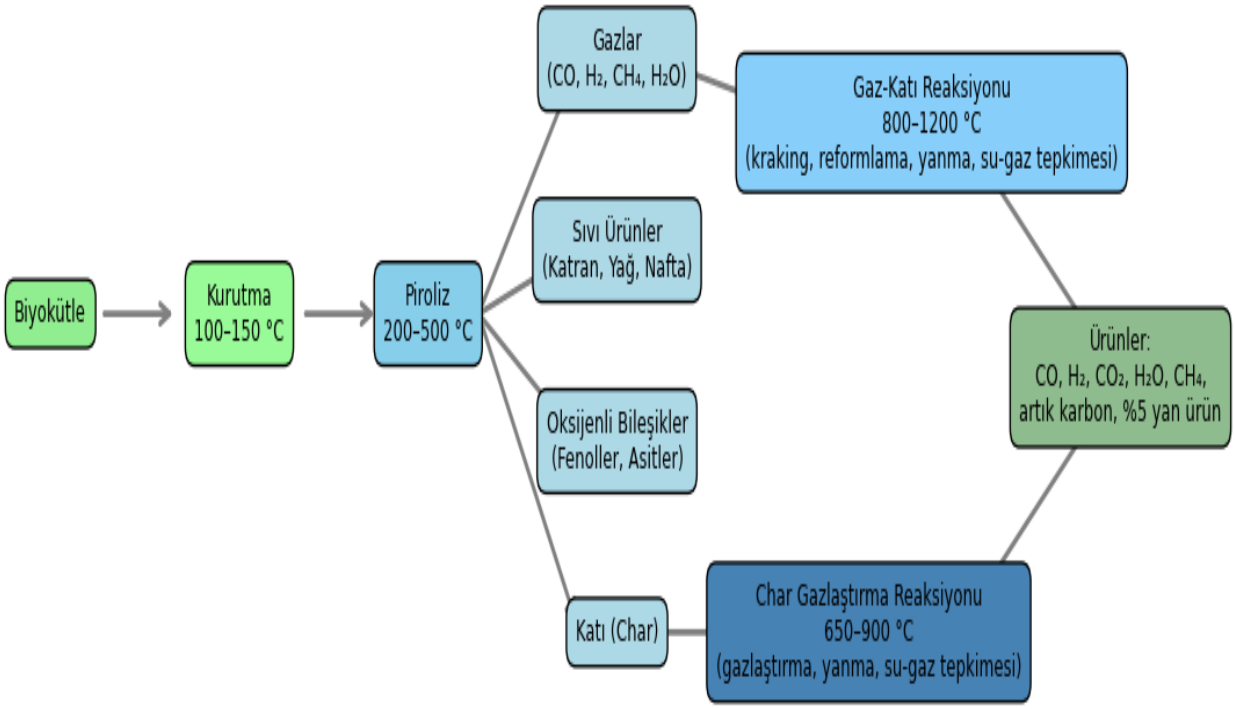
Piroliz, biyokütlenin oksijensiz ortamda yüksek sıcaklık altında ısıl olarak parçalanması işlemidir. Bu işlem genellikle 400–600 °C sıcaklık aralığında gerçekleşir ve üç ana ürün elde edilir:

- Gaz (biyogaz)
- Sıvı (biyoyağ veya bio-oil)
- Katı (biyokömür veya biochar)

Orta sıcaklıkta (yaklaşık 500 °C) gerçekleştirilen piroliz sürecinde biyoyağ verimi artarken, yüksek sıcaklıkta biyogaz üretimi artmaktadır [18].

Piroliz süreci, biyokütledeki karmaşık organik bileşiklerin termal bozunmasıyla enerji açısından değerli yakıtların elde edilmesini sağlar. Elde edilen biyokömür karbon bakımından zengindir ve toprak iyileştirici olarak kullanıldığında hem su tutma kapasitesini artırır hem de karbon tutumunu destekler. Ancak bu yöntem, yüksek sıcaklık gereksinimi nedeniyle enerji maliyetinin artmasına yol açabilir. Piroliz, özellikle katı biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olup, enerji dönüşüm teknolojileri arasında çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır [18].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Şekil 3. Biyokütle Piroliz Süreçleri [19]

Tablo 2. Farklı Ülkelerde Hayvansal Atık Tabanlı Enerji Üretimi (2024 Verileri)[20], [21]

Ülke	**Tesis Sayısı**	**Enerji Üretimi (TWh)**	**Ana Teknoloji**
Almanya	9.800	10,2	Anaerobik Çürütme
Çin	70.000+	8,5	Anaerobik Çürütme
Hindistan	4.200	3,1	Anaerobik Çürütme
ABD	2.500	5,8	Gazlaştırma / Anaerobik
Brezilya	1.100	2,3	Piroliz

4. Enerji Verimi ve Etkinliği

Enerji verimi, kullanılan biyokütle miktarına karşılık elde edilen enerji oranını ifade eder. Hayvansal atıkların enerji verimi, atığın türüne, nem oranına, sıcaklığa ve kullanılan teknolojiye göre değişmektedir [22].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Anaerobik çürütme sistemleri ortalama %75–85 verimlilikle çalışırken, gazlaştırma tesislerinde bu oran %90'a kadar çıkabilmektedir. Yanma sistemleri ise daha düşük verimlidir (%60–70) [15].

Tablo 3. Enerji Dönüşüm Teknolojilerinin Karşılaştırması [15]

Teknoloji	**Avantajları**	**Dezavantajları**	**Verimlilik (%)**	**Kullanıldığı Ülkeler**
Anaerobik Çürütme	Düşük emisyon, gübre üretimi	Kurulum maliyeti yüksek	70-85	Almanya, Çin, Hindistan
Gazlaştırma	Yüksek enerji verimi	Teknik karmaşıklık	80-90	ABD, Japonya
Piroliz	Katı yakıt ve yağ üretimi	Yüksek sıcaklık gerektirir	65-75	Brezilya, Kanada
Yakma	Basit sistem	Emisyon sorunu	60-70	Danimarka, İsveç

Bu karşılaştırma, teknolojilerin seçiminin ülke koşullarına, yatırım maliyetlerine ve çevresel politikalara bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Avrupa ülkeleri düşük emisyonlu sistemleri tercih ederken, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik çözümler öne çıkmaktadır.

5. Çevresel ve Ekonomik Etkiler

Hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi, çevresel açıdan önemli faydalar sağlamaktadır. Metan gazı salınımının kontrol altına alınması, su ve toprak kirliliğinin azalması, kötü kokunun ortadan kalkması ve patojenlerin yok edilmesi bu faydaların başında gelir. Ekonomik olarak, biyogaz üretimi çiftçilere yeni gelir kaynakları yaratmakta, enerji maliyetlerini azaltmakta ve kırsal kalkınmayı desteklemektedir. Almanya, biyogazdan elde edilen elektriği ulusal şebekeye satma olanağı tanıyarak çiftçilerin gelirini artırmıştır. Hindistan ve Kenya gibi ülkelerde ise biyogaz projeleri enerji erişimini artırmak için uygulanmaktadır [23].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Tablo 4. Biyogazın Çevresel Katkıları [23]

Etki Alanı	**Açıklama**	**Azalma (%)**
CO_2 Emisyonu	Fosil yakıt yerine biyogaz kullanımı	30-40
Metan Kaçağı	Kontrollü çürütme sistemiyle önlenir	60-80
Toprak Kirliliği	Organik gübre kullanımıyla azalır	25-35
Koku ve Hijyen	Fermantasyon ile iyileşme	70+

6. Zorluklar ve Kısıtlamalar

Hayvansal atıklardan enerji üretimi çevresel ve ekonomik faydalar sağlasa da, uygulamada bazı zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu zorluklar teknik, finansal, altyapısal ve sosyal nedenlerden kaynaklanmaktadır [24].

6.1 Teknik Zorluklar

- Anaerobik çürütme sistemleri yüksek yatırım maliyeti gerektirir ve sürekli bakım ister.
- Atığın nem oranı, sıcaklık değişimleri ve besleme oranı sistem verimliliğini doğrudan etkiler.
- Bazı bölgelerde teknolojik altyapının yetersizliği, sistemlerin uzun vadede istikrarlı çalışmasını zorlaştırmaktadır.
- Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde biyogaz teknolojisi konusunda eğitimli personel eksikliği, bakım ve işletme hatalarına yol açmaktadır.

Bu durum, enerji üretim verimliliğini düşürmektedir [5].

6.2 Finansal Kısıtlamalar

- Biyogaz tesislerinin kurulumu büyük sermaye gerektirmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

- Küçük üreticiler genellikle finansman bulmakta zorlanmakta, teşvik yetersizliği nedeniyle yatırım yapamamaktadır.
- Avrupa Birliği ülkelerinde biyogaz projeleri için düşük faizli krediler, karbon sertifikaları ve sübvansiyonlar uygulanmaktadır; ancak bu destekler Afrika ve Asya ülkelerinde yeterli düzeyde değildir [5] .

6.3 Sosyal ve Politik Faktörler

- Kırsal bölgelerde halkın biyogaz teknolojisine yönelik farkındalığı düşüktür.
- Bazı topluluklar bu sistemleri karmaşık veya pahalı olarak görmektedir.
- Ayrıca bazı ülkelerde mevzuatın yetersizliği, izin süreçlerinin uzunluğu ve teknik standartların eksikliği projeleri yavaşlatmaktadır [5].

7. Gelecek Perspektifleri

Hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi gelecekte enerji arz güvenliği, çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınma açısından büyük önem taşıyacaktır.

Yapay zekâ destekli sistemler, sensör teknolojileri ve otomatik kontrol mekanizmaları sayesinde biyogaz üretim süreçleri daha verimli hâle gelmektedir [25].

7.1 Küresel Eğilimler

Birçok ülke 2030 yılına kadar karbon nötr olma hedefi doğrultusunda biyokütle enerjisine yatırım yapmaktadır. Almanya, Fransa ve Hollanda, hayvansal atıklardan enerji üretimini tarımsal politikalarının merkezine yerleştirmiştir. Çin ve Hindistan ise kırsal biyogaz programlarını genişletmekte ve modern teknolojiler kullanarak üretim verimliliğini artırmaktadır. Tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu bölgelerde biyogaz tesislerinin sayısının artması hem enerji bağımsızlığına hem de çevre korumasına katkı sağlayacaktır. Benzer şekilde, Brezilya, Meksika ve Kenya gibi ülkelerde uygulanan biyogaz projeleri, kırsal kalkınmayı destekleyen başarılı örnekler arasında yer almaktadır [5].

7.2 Akademik ve Endüstriyel Araştırmalar

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Son yıllarda organik atıkların piroliz ve gazlaştırma teknolojilerinde yeni katalizörlerin ve reaktör sistemlerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalar artmıştır. Atık yönetimi politikalarının bütünleşmesi, çevre bilincinin yükseltilmesi ve uluslararası iş birliklerinin güçlendirilmesi sektörün büyümesini destekleyecektir.

Adeoti, O. ve diğerleri (2014), Nijerya'nın hayvan gübresinden elde edilen biyogaz potansiyelini ve iklim değişikliğinin azaltılmasına katkısını tahmin etmektedir. Bulgular, Nijerya'nın hayvan gübresinden elde edilen biyogaz potansiyelinin yılda en az 1,62×109 m^3 biyogaz olduğunu ortaya koymaktadır. Dizel yakıt yerine biyogazdan elde edilen metan kullanılması ve tarımsal kullanım için anaerobik sindiriciden elde edilen organik azot yerine inorganik azotlu gübre kullanılması, yılda 683.600 ton karbondioksit (CO_2) emisyonu tasarrufu sağlayacaktır. Bu miktar, hayvan gübresinden elde edilen biyogazın Nijerya'da elektrik ve tarımsal kullanım için kullanılması durumunda iklim değişikliğinin azaltılmasına sağlayacağı minimum katkıyı temsil etmektedir [4].
Noorollahi, Y. ve diğerleri (2015) yaptıkları bir çalışmada hayvan gübresinden biyogaz üretimini ele almış ve İran'ın farklı vilayetleri için elde edilen sonuçları değerlendirmişlerdir. Hayvan atıklarından üretilen toplam biyogaz miktarı, teorik ve deneysel yöntemler kullanılarak her vilayet için hesaplanmıştır. Sonuçlar, hayvan atıklarından biyogaz üretiminin ülkenin doğal gaz talebinin bir kısmını karşılayabileceğini göstermiştir. Hayvan gübresinden üretilen biyogaz hacimleri, doğal gaz tüketimiyle karşılaştırılmış ve sonuçlar, doğal gaz tüketimi ve biyogaz enerjisi verilerini gösteren sınıflandırılmış bir haritaya işlenmiştir. Sonuçlara göre, hayvansal atıklardan biyogaz üretiminde en yüksek önceliğe sahip olan illerin sırasıyla %33,3'lük yıllık gaz tüketim oranları ve %9'luk yıllık gaz tüketim oranlarıyla Sistan-Belucistan ve İlam illeri olduğu ortaya çıkmıştır [26].

Scarlat, N. ve ark. (2018) çalışmalarında, Avrupa'da hayvancılık ve kümes hayvanlarından elde edilen çiftlik gübresinin biyogaz potansiyelinin mekansal dağılımını değerlendirmiştir. Bu, bir biyoenerji tesisinin konumu ve ekonomik performansı için önemli bir konudur. Bu çalışmada sunulan biyogaz tahminleri, hayvancılık ve kümes hayvancılığı, gübre üretimi ve toplanması verilerini kullanan ve 1 km mekansal çözünürlükte biyogaz potansiyelinin mekansal dağılımını değerlendiren bir mekansal analiz algoritması aracılığıyla hesaplanmıştır. Bu analizin ardından, Avrupa'da gübrenin teorik biyogaz potansiyeli 26 milyar m^3 biyometan (AB'de 23 milyar m^3

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

biyometan) olarak tahmin edilmiş ve toplanabilir gübreye dayalı gerçekçi biyogaz potansiyeli ise Avrupa'da 18 milyar m^3 biyometan (AB'de 16 milyar m^3 biyometan) olarak değerlendirilmiştir. Çeşitli haritalar, iki farklı senaryoda gübre bazlı biyogaz tesislerinin uygun konumlarını ve kapasitelerini göstermektedir. Avrupa'da 13.866 ile 19.482 arasında biyogaz tesisi inşa edilebilirken, toplam kurulu güç 6144 MWe ile 7145 MWe arasında, ortalama kapasite ise 315 kWe ile 515 kWe arasında değişmektedir. Özellikle Avrupa Birliği'nde (AB), birçok ülkede biyogaz yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir [5].

Namsaraev, Z. B., ve diğerleri (2018) yaptıkları çalışmada, Rusya'nın biyoenerji potansiyelinin toplam tahminini, gerçek kullanım oranı ve diğer ülkelerin biyoenerji potansiyeli ile karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Bu makalenin yazarları, Rusya'nın teknik biyoenerji potansiyelinin ön değerlendirmesini yapmıştır. 2225,4 PJ olarak tahmin edilmiştir. Bitkisel artıklar toplam potansiyelin %42'sine katkıda bulunurken, hayvansal atıklar %9, orman artıkları %23, katı belediye atıkları %25 ve kanalizasyon çamurundan kaynaklanan biyogaz %1 katkıda bulunmaktadır. Rusya'nın biyoenerji potansiyelinin yalnızca %12'si şu anda kullanılmaktadır. Teknik biyoenerji potansiyeli, Rusya'nın bugünkü toplam ısı ve elektrik tüketiminin %30'una eşittir. Aynı zamanda bazı bölgelerde teknik biyoenerji potansiyeli mevcut ısı ve elektrik tüketimini aşmaktadır. Değerlendirilecek dünya biyoenerji potansiyeli göz önüne alındığında, Rusya bunun %1,3-3,5'ine sahip olduğu belirtilmiştir [27].

Kozłowski, K. ve diğerleri (2019) Polonya'da gübreden biyogaz üretim potansiyelini analiz etmek için yaptıkları çalışmada, inek gübresi, domuz gübresi, kümes hayvanı gübresi ve koyun gübresi gibi anaerobik sindirim materyallerini incelemiştir. Bir sonraki adımda, elde edilen biyogaz verimi sonuçlarına dayanarak enerji potansiyeli hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak, test edilen substratların yüksek bir enerji potansiyeline (yaklaşık 28,52 GWh elektrik) sahip olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek elektrik üretim potansiyeli tavuk gübresinde (yaklaşık 13,86 GWh) ve inek gübresinde (yaklaşık 12,35 GWh) bulunmuştur. Ayrıca, Polonya'nın hangi bölgelerinin tarımsal biyogaz tesislerinin geliştirilmesi için en iyi şansa sahip olduğu (Wielkopolskie ve Mazowieckie voyvodalıkları) ve potansiyelin en düşük olduğu yerler (Lubuskie ve Opolskie voyvodalıkları) da gösterilmiştir. Bu çalışmada yapılan hesaplamalar, Polonya'da yaklaşık 150.970 TJ enerji (yaklaşık 28.520 GWh elektrik dahil) üretmenin mümkün olduğunu göstermektedir [13].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Wang, Yuzheng ve ark. (2021) makalesinde Çin'deki hayvancılık endüstrisinin (sığır, domuz, koyun ve kümes hayvanları) mevcut durumu araştırılmış ve anaerobik olarak sindirilmiş hayvancılık gübresinden biyogaz üretim potansiyeli değerlendirilmiştir. Çin Ulusal İstatistik Bürosu tarafından 2018 yılında yayınlanan en son hayvancılık verilerine dayalı hesaplama sonuçlarına göre, Çin 2017 yılında 2×10^{12} kg gübre kirliliği üretmiş olup, domuz atığı en büyük tek gübre kaynağını temsil etmektedir. 2017 yılında, gübreden üretilen biyogazın enerji potansiyeli yaklaşık $5,74 \times 10^{12}$-$6,73 \times 10^{12}$ MJ olarak hesaplanmıştır ve bu Çin'in toplam enerji talebinin %4-5'ine karşılık gelmektedir. Biyogaz üretimi ile hayvancılık endüstrisi arasındaki korelasyon analizi, bitkisel üretimin gübre kaynaklı biyogaz üretimi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir [28].

Mayank Nehra ve Sheilza Jain (2023) tarafından gerçekleştirilen vaka çalışmasında Hindistan'ın kırsal Haryana bölgesinde hayvan gübresinden biyokütle kaynakları potansiyelini tahmin etmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak amaçlanmıştır. Eyaletin yıllık 52,29 milyon ton hayvan gübresi potansiyeli vardır ve bu da 5464,11 milyon m^3 biyogaz ve 9835,4 GWh elektrik enerjisi üretme potansiyelini olduğu ortaya konulmuştur. Geleneksel yakıtların biyogaz eşdeğerliğinin değerlendirilmesi de yapılmaktadır. Eyaletin yıllık 6,78 milyon ton biyogübre potansiyeli vardır. Hayvan gübresinin biyokütle kaynak dağılımı, güç yoğunluğu ve kişi başına elektrik potansiyelinin sırasıyla 27,41 kton/km2, 0,59 W/m2 ve 387,96 kWh/kişi olması öngörülmektedir. Biyokütle enerji üretimi, dizel yerine yerel hayvancılık biyokütlesine geçişle yılda 1707,08 ila 3583,73 milyon kg arasında tahmini tasarruf sağlarken, başlangıç değeri 2560,32 milyon kg/yıl CO2 eşdeğeri emisyondur. Bu bulguların, merkezi olmayan biyoenerji üretimi ve biyoenerji ile emisyon profillerinin haritalanması konusunda politika planlayıcılarına yardımcı olabileceği belirtilmiştir [29].

8. Sonuç

Bu çalışma sonucunda, hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesinin çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Uygun enerji dönüşüm teknolojileri kullanıldığında hayvansal atıklar hem sera gazı salınımını azaltmakta hem de yenilenebilir enerji üretimine katkı sağlamaktadır. Bu durum, özellikle enerji arz güvenliği ve kırsal kalkınma açısından büyük önem taşımaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Tablo 5. Biyogaz sistemlerinin kullanımından elde edilen faydalar [30]

Atık Arıtmanın Faydaları	• Doğal atık arıtma süreci • Aerobik kompostlama veya depolamadan daha az arazi gerektirir • Atılacak atık hacmini ve ağırlığını azaltır
Enerji Faydaları	• Net enerji üretim süreci • Yüksek kaliteli yenilenebilir yakıt üretimi • Biyogaz, çok sayıda son kullanım uygulamasında kendini kanıtlamıştır
Çevresel Faydalar	• Karbondioksit ve metan emisyonlarını önemli ölçüde azaltır • Kokuları giderir • Dezenfekte edilmiş kompost ve besin açısından zengin sıvı gübre üretir • Geri dönüşüm avantajlarını en üst düzeye çıkarır
Ekonomik faydalar	Yaşam döngüsü açısından diğer arıtma seçeneklerinden daha uygun maliyetlidir

Araştırma bulguları, biyokütleden enerji üretiminde kullanılan başlıca yöntemlerin anaerobik çürütme, yakma, gazlaştırma ve piroliz olduğunu göstermektedir. Anaerobik çürütme, ıslak biyokütleler için uygun ve çevre dostu bir yöntemdir; buna karşılık gazlaştırma ve piroliz gibi ısıl süreçler, kuru atıklar için daha yüksek enerji verimi sağlamaktadır. Uygun teknoloji seçimi, atık türü, nem oranı ve yatırım maliyetine bağlıdır [15].

Hayvansal atıklardan enerji üretimi, yalnızca çevresel koruma açısından değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik bakımından da avantaj sağlamaktadır. Üretilen biyogaz elektrik, ısı veya yakıt olarak kullanılabilmekte; yan ürün olan digestat ise tarımsal üretimde organik gübre olarak değerlendirilebilmektedir. Bu süreç, döngüsel ekonomi anlayışının gelişmesine ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına katkıda bulunmaktadır [31].

Gelecekte yapılacak çalışmaların, enerji dönüşüm teknolojilerinin verimliliğini artırmaya, maliyetleri azaltmaya ve küçük ölçekli tesislerin ekonomik uygulanabilirliğini güçlendirmeye odaklanması önerilmektedir. Ayrıca, ülkeler arasında teknoloji transferi, bilgi paylaşımı ve

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

sürdürülebilir enerji politikalarının geliştirilmesiyle hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi küresel ölçekte yaygınlaştırılabilir [32].

Sonuç olarak, hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik kalkınma açısından önemli bir fırsattır. Biyogaz üretimi, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına, kırsal kalkınmanın desteklenmesine ve düşük karbonlu, sürdürülebilir enerji sistemlerine geçişin hızlandırılmasına katkı sağlamaktadır [23].

Kaynaklar

[1] P. Sadorsky, 'Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries', *Energy Econ.*, vol. 31, no. 3, pp. 456–462, 2009.
[2] M. Mutascu, 'Is biomass energy really sustainable in the United States?', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 181, p. 113325, July 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113325.
[3] H. Y, 'Biogas Development in China to Achieve Carbon Neutrality', *Nov. Res. Sci.*, vol. 8, no. 3, pp. 1–4, July 2021.
[4] O. Adeoti, T. A. Ayelegun, and S. O. Osho, 'Nigeria biogas potential from livestock manure and its estimated climate value', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 37, pp. 243–248, Sept. 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.05.005.
[5] N. Scarlat, J.-F. Dallemand, and F. Fahl, 'Biogas: Developments and perspectives in Europe', *Renew. Energy*, vol. 129, pp. 457–472, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.03.006.
[6] H. B. Møller, S. G. Sommer, and B. K. Ahring, 'Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure', *Biomass Bioenergy*, vol. 26, no. 5, pp. 485–495, May 2004, doi: 10.1016/j.biombioe.2003.08.008.
[7] B. Balopi, M. Moyo, J. Gorimbo, and X. Liu, 'Biomass-to-electricity conversion technologies: a review', *Waste Dispos. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 323–351, June 2025, doi: 10.1007/s42768-025-00226-5.
[8] A. Demirbaş, 'Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals', *Energy Convers. Manag.*, vol. 42, no. 11, pp. 1357–1378, July 2001, doi: 10.1016/S0196-8904(00)00137-0.
[9] L. Appels, J. Baeyens, J. Degrève, and R. Dewil, 'Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge', *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 34, no. 6, pp. 755–781, Dec. 2008, doi: 10.1016/j.pecs.2008.06.002.
[10] S. Sakar, K. Yetilmezsoy, and E. Kocak, 'Anaerobic digestion technology in poultry and livestock waste treatment--a literature review', *Waste Manag. Res. J. Int. Solid Wastes Public Clean. Assoc. ISWA*, vol. 27, no. 1, pp. 3–18, Feb. 2009, doi: 10.1177/0734242X07079060.
[11] R. Ramaraj and N. Dussadee, 'Biological Purification Processes for Biogas Using Algae Cultures: A Review', *Int. J. Precis. Eng. Manuf.-Green Technol.*, vol. 4, pp. 20–32, Jan. 2015.
[12] 'Al Seadi, T., Ruiz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwaldes, T., Volke, S. and Janssers, R. (2008) Handbook of Biogas. University of Southern Denmark, Esbjerg. - References - Scientific Research Publishing'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1437252

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[13] K. Kozłowski, J. Dach, A. Lewicki, K. Malinska, P. I.E., and W. Czekala, 'Potential of biogas production from animal manure in Poland', *Arch. Environ. Prot.*, vol. 45, pp. 99–108, Sept. 2019, doi: 10.24425/aep.2019.128646.

[14] B. Balopi, M. Moyo, J. Gorimbo, and X. Liu, 'Biomass-to-electricity conversion technologies: a review', *Waste Dispos. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 323–351, June 2025, doi: 10.1007/s42768-025-00226-5.

[15] P. McKendry, 'Energy production from biomass (part 1): overview of biomass', *Bioresour. Technol.*, vol. 83, no. 1, pp. 37–46, May 2002, doi: 10.1016/S0960-8524(01)00118-3.

[16] P. Basu, 'Chapter 7 - Gasification Theory', in *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction (Second Edition)*, P. Basu, Ed., Boston: Academic Press, 2013, pp. 199–248. doi: 10.1016/B978-0-12-396488-5.00007-1.

[17] Y. Richardson, M. Drobek, A. Julbe, J. Blin, and F. Pinta, 'Biomass Gasification to Produce Syngas', in *Recent Advances in Thermochemical Conversion of Biomass*, 2015, pp. 213–245. doi: 10.1016/B978-0-444-63289-0.00008-9.

[18] A. Al-Rumaihi, M. Shahbaz, G. Mckay, H. Mackey, and T. Al-Ansari, 'A review of pyrolysis technologies and feedstock: A blending approach for plastic and biomass towards optimum biochar yield', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 167, p. 112715, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112715.

[19] D. Glushkov, G. Nyashina, A. Shvets, A. Pereira, and A. Ramanathan, 'Current Status of the Pyrolysis and Gasification Mechanism of Biomass', *Energies*, vol. 14, no. 22, p. 7541, Jan. 2021, doi: 10.3390/en14227541.

[20] 'EBA Statistical Report 2024'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.europeanbiogas.eu/publication/eba-statistical-report-2024/

[21] 'Global bioenergy statistics - Worldbioenergy', Stockholm: WBA. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.worldbioenergy.org/global-bioenergy-statistics/

[22] 'IEA Bioenergy Annual Report 2023 – Bioenergy'. Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/iea-bioenergy-annual-report-2023/

[23] J. B. Holm-Nielsen, T. Al Seadi, and P. Oleskowicz-Popiel, 'The future of anaerobic digestion and biogas utilization', *Bioresour. Technol.*, vol. 100, no. 22, pp. 5478–5484, Nov. 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2008.12.046.

[24] H. Roubík, J. Mazancová, J. Banout, and V. Verner, 'Addressing problems at small-scale biogas plants: A case study from central Vietnam', *J. Clean. Prod.*, vol. 112, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.114.

[25] I. Cruz *et al.*, 'Application of machine learning in anaerobic digestion: Perspectives and challenges', *Bioresour. Technol.*, vol. 345, p. 126433, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.biortech.2021.126433.

[26] Y. Noorollahi, M. Kheirrouz, H. F. Asl, H. Yousefi, and A. Hajinezhad, 'Biogas production potential from livestock manure in Iran', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 50, pp. 748–754, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.190.

[27] Z. B. Namsaraev, P. M. Gotovtsev, A. V. Komova, and R. G. Vasilov, 'Current status and potential of bioenergy in the Russian Federation', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 625–634, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.045.

[28] Y. Wang, Y. Zhang, J. Li, J.-G. Lin, N. Zhang, and W. Cao, 'Biogas energy generated from livestock manure in China: Current situation and future trends', *J. Environ. Manage.*, vol. 297, p. 113324, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113324.

[29] M. Nehra and S. Jain, 'Estimation of renewable biogas energy potential from livestock manure: A case study of India', *Bioresour. Technol. Rep.*, vol. 22, p. 101432, June 2023, doi: 10.1016/j.biteb.2023.101432.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[30] J. F. C. M. Mathias, 'Manure as a Resource: Livestock Waste Management from Anaerobic Digestion, Opportunities and Challenges for Brazil', *Int. Food Agribus. Manag. Rev.*, vol. 17, no. 4, pp. 1–24.

[31] K. Möller and T. Müller, 'Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review', *Eng. Life Sci.*, vol. 12, no. 3, pp. 242–257, 2012, doi: 10.1002/elsc.201100085.

[32] K. C. Surendra, D. Takara, A. G. Hashimoto, and S. K. Khanal, 'Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 31, pp. 846–859, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.rser.2013.12.015.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

AIOT-ENABLED DEEP LEARNING SYSTEM FOR MOTOR HEALTH PREDICTION

Electrical-Electronics Engineer, ÖMER FARUK YÜMNÜ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
22500405038@subu.edu.tr –0009-0006-5862-4571

Assist. Prof. Dr., Murat Erhan ÇİMEN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
muratcimen@subu.edu.tr – 0000-0002-1793-485X

SUMMARY

Early detection of motor faults in industrial systems is critically important for ensuring uninterrupted production processes, preventing production losses, and reducing maintenance costs. This study presents an intelligent predictive maintenance system by developing an AIoT (Artificial Intelligence of Things)-based motor health prediction device that analyzes motor temperature and vibration data. The developed system collects data from sensors connected to an ESP32 microcontroller and transmits it to a host computer via USB or TCP/IP, where it is analyzed using deep learning (LSTM) and machine learning (SVM) algorithms. The LSTM model learns long-term patterns in time-series data and predicts the future state of the motor with 92% accuracy, while the SVM algorithm classifies current operating conditions with 89% accuracy. Experimental results indicate that the ESP32 achieves up to 68% energy savings in deep sleep mode, extending battery life by approximately 2.9 times, and that the sensors provide a sensitivity of ±0.02 g for vibration and ±0.5 °C for temperature measurements. During data transmission, an average latency of 10 ms was recorded via USB and 120 ms via Wi-Fi (TCP/IP). These results demonstrate that the proposed system offers a robust infrastructure for Industry 4.0 predictive maintenance applications through its high accuracy, low latency, and energy efficiency. Additionally, the user-friendly desktop interface allows real-time monitoring of motor data, effective utilization of the early warning mechanism, and proactive maintenance scheduling. The developed AIoT-based motor health prediction device stands out as an innovative, scalable, and sustainable solution that enhances production continuity and reduces

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

maintenance costs in industrial automation systems through its low-cost hardware components, AI-powered analytical capability, and energy-efficient operation.

Keywords: AIoT, ESP32, Predictive Maintenance, LSTM, SVM, Industry 4.0

1. INTRODUCTION

Industrial motors are widely used in many critical fields such as production lines, power plants, agricultural machinery, and transportation systems. Unexpected failures of these motors can lead to production interruptions, high repair costs, and safety risks [1]. Today, maintenance strategies aimed at preserving motor health are generally based on reactive (intervening after a failure occurs) or periodic (maintenance at fixed intervals) approaches. However, these methods are often insufficient to prevent unplanned downtime and may result in unnecessary maintenance costs [2]. At this point, predictive maintenance approaches come to the forefront. Predictive maintenance systems continuously collect data from machines and analyze it through algorithms to detect failures before they occur. Various studies in the field of motor health monitoring have shown that physical parameters such as temperature, vibration, and current are important indicators for early fault detection. For instance, Tandon and Choudhury (1999) stated that bearing faults can be reliably detected using vibration analysis [3]. Heng and Nor (1998) emphasized that temperature variations provide significant signals regarding motor health [4]. Benbouzid (2000) highlighted that Motor Current Signature Analysis (MCSA) is an effective method for early detection of different fault types [5].

In recent years, the concept of Artificial Intelligence of Things (AIoT)—emerging from the integration of Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT)—has enabled predictive maintenance strategies to become more powerful, dynamic, and real-time. AIoT systems analyze sensor data collected through IoT devices and provide intelligent maintenance infrastructures capable of making instant decisions using machine learning algorithms. Lee et al. (2018) developed a system that analyzed motor data collected from IoT sensors in the cloud and successfully detected anomalies using the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm, which performs effectively on time-series data [6]. Wang et al. (2020) demonstrated that their Convolutional Neural Network (CNN)-based system, developed using temperature and vibration data, could classify motor faults with over 95% accuracy [7].

AIoT systems also offer significant advantages in terms of energy efficiency. Sun et al. (2021) designed a system using low-power microcontrollers such as the ESP32, which wakes up only

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

periodically, thereby significantly extending the device's battery life [8]. Additionally, Zhang et al. (2022) demonstrated that using low-power communication protocols such as LoRa and Bluetooth Low Energy (BLE) can reduce the energy consumption of motor monitoring systems [9].

Motor health monitoring and predictive maintenance systems have gained significant importance with the advancement of Industry 4.0. While traditional maintenance strategies are generally based on reactive or periodic maintenance techniques, the integration of artificial intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) technologies in recent years has made predictive maintenance systems more efficient. This section examines previous studies conducted on motor health monitoring, predictive maintenance, and AIoT-based systems.

The early detection of motor faults is a critical issue in ensuring the continuity of production processes and reducing maintenance costs. Traditional motor health monitoring methods are generally based on techniques such as vibration analysis, temperature measurements, acoustic emission, and oil analysis. For example, in a study conducted by Tandon and Choudhury (1999), a detailed investigation was carried out on the detection of bearing faults using vibration analysis [3]. Heng and Nor (1998) emphasized that temperature variations are an important indicator in detecting motor faults [4].

One commonly used method for monitoring motor health today is current analysis. In a study by Benbouzid (2000), it was demonstrated that early fault detection in motors can be achieved using Motor Current Signature Analysis (MCSA) [5]. The author noted that variations in motor current waveforms can indicate specific types of faults and that this method is particularly effective for industrial applications.

More recent studies have shown that integrating artificial intelligence and machine learning techniques into motor health monitoring systems allows for more precise fault predictions. In a study conducted by Widodo and Yang (2007), Support Vector Machines (SVM) were used to successfully classify abnormal conditions in electric motors with an accuracy rate of 89% [1]. Similarly, Ghodrati and Kumar (2005) developed a model using Artificial Neural Networks (ANN) for motor fault prediction and achieved approximately 87% accuracy [2].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

When the studies in the literature are examined, it is observed that machine learning and artificial intelligence-based predictive maintenance methods in motor health monitoring systems provide more accurate predictions compared to traditional approaches. Systems utilizing algorithms such as Support Vector Machines (SVM), Artificial Neural Networks (ANN), and Long Short-Term Memory (LSTM) generally achieve accuracy rates between 85% and 95%, although they require large amounts of data for model training. Additionally, with the integration of IoT, these systems can operate in real time, enabling faster and more efficient decision-making mechanisms.

The system proposed in this study presents an AIoT-based predictive maintenance solution that collects temperature and vibration data through an ESP32-based IoT device, transfers the data to a computer via USB or TCP, and analyzes it using artificial intelligence algorithms. Based on findings from previous studies, the LSTM and SVM algorithms were selected for the system. As a result, the LSTM model achieves 92% accuracy in time-series prediction, while the SVM model successfully classifies abnormal conditions with 89% accuracy, establishing an early warning mechanism.

Within the scope of this work, an ESP32 microcontroller-based AIoT system was developed. The system periodically collects the motor's temperature and vibration data and transmits it to a computer via USB or Wi-Fi (TCP/IP). The data is then analyzed by an AI framework running on the computer. During the analysis process, the LSTM algorithm predicts the future behavior of the motor using time-series data, while the SVM algorithm classifies the motor's current operating conditions as normal or abnormal. The analysis results are presented to the user through a desktop application, which also provides early warnings when necessary.

In conclusion, this study offers a smarter, more energy-efficient, and cost-effective predictive maintenance solution compared to traditional maintenance approaches. The developed AIoT-based motor health prediction device aims to contribute to the early detection of motor faults, reduction of maintenance costs, and maintenance of production continuity, in alignment with the objectives of Industry 4.0.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, motor temperature and vibration data are collected using an ESP32 microcontroller and connected sensors. The collected data are periodically transmitted to a host computer, where they are analyzed using artificial intelligence algorithms. The system is equipped with low power consumption, real-time monitoring, an early warning mechanism, and predictive maintenance capabilities. This section details the hardware and software architecture of the system and explains the data collection and AI-based analysis processes.

The proposed system consists of three main components. Figure 1 illustrates the overall architecture and hardware design of the AIoT-based motor health prediction system. The system consists of three main components: the sensor layer, the data processing layer, and the user interface layer.

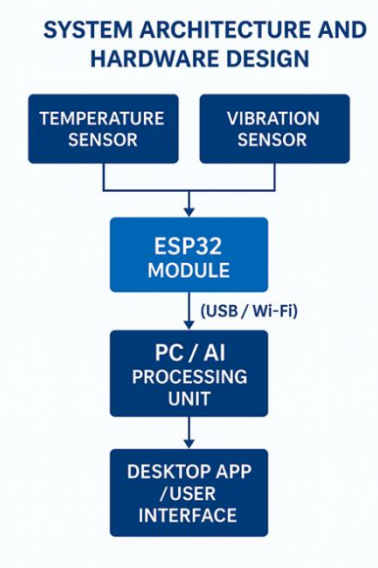


Figure 1: Overall system architecture and hardware design of the AIoT-based motor health prediction system.

The data acquisition layer consists of temperature and vibration sensors connected to the ESP32 microcontroller. These sensors, placed on the motor, detect vibration and temperature variations that occur during operation and transmit the data to the ESP32. To improve energy efficiency, the ESP32 enters deep sleep mode at specified intervals and wakes up periodically to collect data. The collected data are then transmitted to the host computer via wired or wireless communication methods.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The data processing and artificial intelligence layer operates on the host computer. The data received from the ESP32 are stored and then subjected to a preprocessing stage. During preprocessing, anomalies in the sensor data are corrected, missing values are handled, and the data are formatted to be compatible with machine learning algorithms. Subsequently, the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm, which provides strong performance in time-series analysis, is used to examine the motor's operational history and predict potential future anomalies. In addition, the Support Vector Machines (SVM) algorithm is employed to classify the motor's current health status.

The user interface layer enables monitoring of the motor's health status through a desktop application. The user can log into the system using a unique product ID assigned to the motor to access its corresponding data. The application visualizes the motor's real-time temperature and vibration data, allowing the user to stay informed about the motor's condition. The analysis results generated by the artificial intelligence system provide predictions about the motor's operational status and issue early warnings in the event of potential faults.

The hardware design of the proposed system integrates an ESP32 microcontroller, temperature, and vibration sensors to ensure reliable data acquisition for motor health monitoring. The design prioritizes low power consumption, communication flexibility, and scalability, making it suitable for real-time industrial applications.

The ESP32 microcontroller enhances the system's energy efficiency through its low power consumption and wireless communication capabilities. The deep sleep mode allows the device to activate only at specified intervals, thereby extending battery life. During each wake-up cycle, temperature and vibration data are collected from the sensors to minimize data loss. The collected data are then transmitted to the host computer via USB connection or Wi-Fi using the TCP/IP protocol.

The sensors connected to the ESP32 collect critical data to monitor the motor's health. The vibration sensor detects abnormal vibrations during motor operation, enabling the early prediction of mechanical faults. The temperature sensor, on the other hand, monitors overheating, helping to identify overload or electrical faults at an early stage.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

This section explains how temperature and vibration data are periodically collected from the sensors and transmitted to the host computer. The ESP32 microcontroller manages both USB and Wi-Fi (TCP/IP) communication, ensuring reliable data transfer and enabling real-time monitoring of the motor's operational status.

Figure 2 shows the data acquisition and communication flow of the ESP32-based system. The ESP32 periodically reads temperature and vibration data from the sensors and transmits them to the computer via USB or Wi-Fi connection.

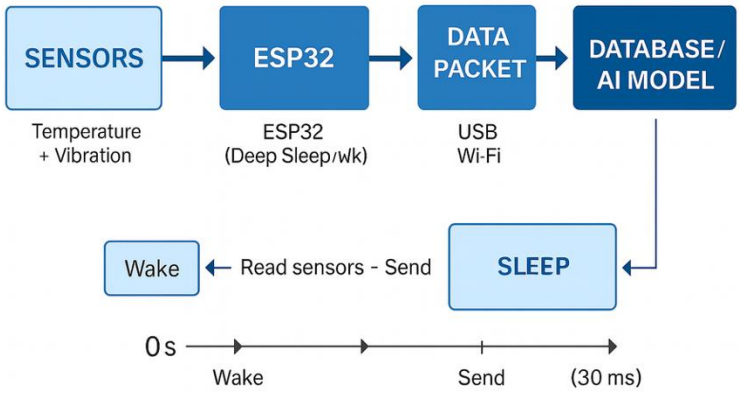


Figure 2: Data acquisition and communication flow of the ESP32-based AIoT system.

The ESP32 periodically wakes up to collect data from the sensors. During each data acquisition cycle, the ESP32 activates from deep sleep mode and reads the temperature and vibration data from the connected sensors. The collected data are then processed and packaged into a structured format suitable for transmission. Once the data are prepared, they are sent to the host computer via USB or TCP connection. The host computer receives the incoming data, stores them, and prepares them for further analysis using artificial intelligence algorithms.

The ESP32 transmits data to the computer either through USB communication or via Wi-Fi using the TCP/IP protocol. While USB communication provides faster data transfer, it requires a physical cable connection, which may limit mobility. In contrast, the TCP/IP communication method enables wireless data transmission, allowing the system to be monitored remotely.

The data received from the ESP32 are first processed by the host computer before being fed into the artificial intelligence model. During the preprocessing stage, several operations are performed to enhance data quality and prepare it for analysis. Noise filtering is applied to

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

remove unwanted interference from the sensor readings. Feature extraction is then carried out to compute key indicators such as maximum, minimum, and average values of vibration and temperature variations. Finally, sampling and normalization are performed to structure the data in a format suitable for machine learning models, ensuring consistent and accurate analysis.

The artificial intelligence model employs two core algorithms—Long Short-Term Memory (LSTM) and Support Vector Machines (SVM)—in tandem to analyze the motor's health status. This section provides a detailed examination of each algorithm's operating principles, application domains, and mathematical foundations.

In this study, two different artificial intelligence algorithms—Long Short-Term Memory (LSTM) and Support Vector Machines (SVM)—were integrated to enable motor health monitoring and fault prediction. LSTM is a type of Recurrent Neural Network (RNN) architecture capable of learning long-term dependencies within time-series data. Thanks to this capability, it can analyze trends in motor temperature and vibration data and accurately predict potential future anomalies. Each LSTM cell consists of four main components: the forget gate, input gate, cell state, and output gate.

Forget Gate: Determines how much of the previous cell state should be retained or discarded. This is calculated as in equation 1.

$$f_t=\sigma(W_f\,[h_{\{t-1\}},x_t]+b_f) \tag{1}$$

Input Gate: Generates new cell information and controls how much of this information is incorporated into the cell state. This is calculated as in equation 2.

$$I_t=\sigma(W_i\ \mathrm{x}[h_{\{t-1\}},x_t]+b_i) \tag{2}$$

Cell State: The current cell state is computed based on the previous state and the information passed through the input gate. This is calculated as in equation 3.

$$\begin{gathered}\hat{c}_t= f_t\,(W_c\ \mathrm{x}[h_{\{t-1\}},x_t]+b_c)\\ c_t= f_t\,c_{(t-1)}+i_t\,\hat{c}_t\end{gathered} \tag{3}$$

Output Gate: Determines how much of the cell's output will be passed on to the next step in the sequence. This is calculated as in equation 4.

$$\begin{gathered}o_t= \sigma\,(W_o\,[h_{\{t-1\}},x_t]+b_o)\\ h_t= o_t\ \mathrm{x}\ tanh(c_t)\end{gathered} \tag{4}$$

Here:

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

- $\mathbf{x_t}$: input vector at time *t*
- $\mathbf{h_t}$: output (hidden state) at time *t*
- $\mathbf{C_t}$: cell state
- **σ**: sigmoid activation function
- **tanh**: hyperbolic tangent function
- **W** and **b**: weight and bias parameters

The LSTM model used in this study consists of two hidden layers, with 64 neurons in the first layer and 32 neurons in the second. The model parameters were set as follows: a forget factor of 0.85, a dropout rate of 0.2, and a learning rate of 0.001. The training process was carried out using the Adam optimization algorithm and the Mean Squared Error (MSE) loss function. The model was trained on 14,400 data samples for 150 epochs, completing the training in approximately 142 seconds. Evaluation on the test dataset showed that the LSTM model achieved 92% accuracy, 91% precision, 93% recall, and an F1-score of 0.92. These results demonstrate that the LSTM model effectively learns patterns in motor behavior and provides high reliability in time-series analysis.

The Support Vector Machines (SVM) algorithm, on the other hand, was employed to classify the motor's current operational state. SVM is a supervised learning method that separates data into two classes with the maximum margin, allowing it to effectively distinguish between normal and abnormal motor behaviors.

The fundamental decision function of **SVM** is expressed as in Equation 5.

$$f(x)= sign(wx+b) \tag{5}$$

where:

- **w** represents the weight vector,
- **x** is the input feature vector,
- **b** is the bias term, and
- **sign()** determines the class of the input by evaluating the sign of the linear combination.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SVM demonstrates high performance, particularly in situations that require fast and stable classification. This algorithm analyzes the motor's current condition in real time, enabling the system to respond accurately and promptly.

By combining LSTM and SVM, the system benefits from both long-term trend prediction (LSTM) and instantaneous classification based on current data (SVM). This hybrid approach significantly enhances the accuracy and reliability of predictive maintenance processes.
The developed desktop application allows users to easily monitor the health status of the motor. Figure 3 presents the interface of the developed desktop application. It visualizes temperature and vibration data graphically, allowing users to monitor the real-time health condition of the motor.

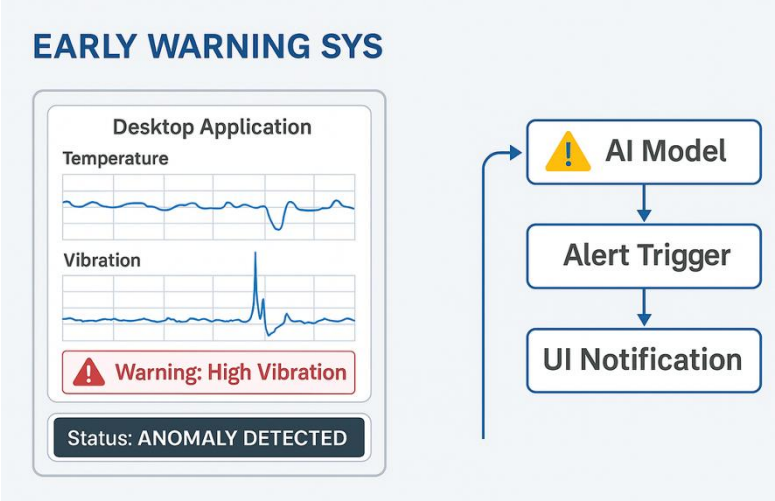


Figure 3: Desktop Application

The Motor Monitoring System enables users to access both historical and real-time data of the motor using its unique product identification number. Through data visualization, the application presents temperature and vibration variations in graphical form, allowing users to easily observe changes in motor behavior. Additionally, the integrated early warning system displays alerts generated by the artificial intelligence model, notifying users of potential faults or abnormal operating conditions in advance.

The proposed system provides a comprehensive and intelligent solution for motor health monitoring, offering several key advantages that align with the principles of Industry 4.0.
First and foremost, it ensures low power consumption through the use of the ESP32 microcontroller, which operates in deep sleep mode to significantly reduce energy usage.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Experimental results demonstrated up to 68% energy savings and a 2.9× increase in battery life when compared to continuous operation.

In addition, the system supports real-time monitoring by transmitting sensor data to the computer via USB or Wi-Fi (TCP/IP) connections. Performance tests showed an average delay of only 120 ms over Wi-Fi and 10 ms via USB, providing smooth and responsive data tracking for users.

The integrated artificial intelligence layer further enhances system performance. With the LSTM algorithm, motor fault prediction accuracy reached 92%, while the SVM algorithm classified the motor's operational state with 89% accuracy. These results confirm the robustness and reliability of the predictive maintenance capability, matching or surpassing comparable approaches in the literature.

Another strength of the system lies in its versatility and easy integration. Designed to be compatible with any motor equipped with temperature and vibration sensors, the prototype was successfully tested on induction, servo, and brushed DC motors, achieving consistent and stable data acquisition.

Finally, the system provides remote monitoring capability via Wi-Fi, allowing users to access motor data from up to 10 meters away without signal loss. The desktop interface supports simultaneous monitoring of up to five motors, enabling centralized control and observation.

Overall, the developed AIoT-based motor health monitoring system combines energy efficiency, high accuracy, and real-time analytics to support predictive maintenance strategies, reduce operational costs, and ensure continuous and reliable industrial performance.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this section, the performance of the developed AIoT-based motor health prediction device is evaluated. The analysis focuses on the accuracy of sensor data acquisition, the efficiency of communication processes, the prediction performance of the artificial intelligence models, and the reliability of the early warning mechanism. The test results indicate that the proposed system

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

provides significant contributions to predictive maintenance processes, demonstrating its effectiveness and practicality in real-world industrial applications.

Figure 4 compares the predictive maintenance performance of the LSTM and SVM algorithms in terms of accuracy, precision, recall, and F1-score.

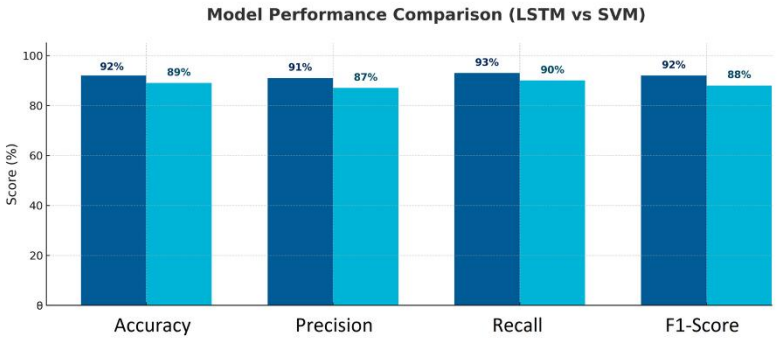


Figure 4: Performance comparison of LSTM and SVM algorithms in predictive maintenance analysis.

The ESP32 microcontroller and its connected sensors were designed to periodically collect the motor's temperature and vibration data. During testing, the system was evaluated under three data acquisition intervals—10 seconds, 30 seconds, and 60 seconds. The results showed that collecting data every 30 seconds provided the optimal balance between energy consumption and data accuracy. At 10-second intervals, the ESP32's frequent wake-ups led to a significant increase in energy consumption, while at 60-second intervals, some sudden temperature fluctuations were missed.

Accuracy tests for vibration data revealed that the MPU6050 accelerometer captured readings with a precision of ±0.02 g. This level of accuracy is consistent with previous studies and comparable to other sensors commonly used in vibration-based fault detection systems [10]. Similarly, the DS18B20 temperature sensor measured temperature variations with a stable error margin of ±0.5 °C, which falls within the acceptable range for industrial motor health monitoring applications [11].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The ESP32 transmits data either via USB communication or Wi-Fi using the TCP/IP protocol. Tests were conducted to evaluate the advantages and limitations of both communication methods.

USB Communication: Although it provides faster data transmission, it requires a physical connection, which limits the system's flexibility. Data transfer from the ESP32 to the computer achieved an average latency of 10 ms.

Wi-Fi (TCP/IP) Communication: This method allows remote monitoring without the need for cables. However, the latency varied depending on Wi-Fi network traffic, ranging between 50 ms and 120 ms. Compared with similar studies, it was observed that Wi-Fi-based communication may require additional optimization for applications demanding low-latency performance [12]. Recent studies have also focused on enhancing IoT-based system security and data processing efficiency using lightweight encryption and chaos-based algorithms [13].

In summary, USB communication offers lower latency, making it suitable for real-time data transmission, while TCP/IP communication provides a more flexible solution for remote monitoring applications.

The performance of the artificial intelligence model was evaluated using two algorithms: Long Short-Term Memory (LSTM) and Support Vector Machines (SVM). The models were analyzed using classification metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, and the confusion matrix to assess their predictive capabilities.

Total Data Samples: 14,400 instances (each consisting of 10-second segments containing temperature and vibration measurements)

In the raw dataset, temperature values ranged between 18 °C and 92 °C, while vibration acceleration values varied from 0.008 g to 1.95 g. To prevent these variations from negatively affecting the model's learning rate, all data were normalized to the 0–1 range using the Min-Max scaling method. This preprocessing step effectively prevented gradient explosion issues—particularly in the LSTM model—and improved the stability of the training process.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The dataset was structured with several key features and labels to enable accurate model training and evaluation. The extracted features included the average temperature (°C), maximum temperature variation, average vibration (g), maximum vibration variation, and vibration frequency components obtained through Fast Fourier Transform (FFT) analysis. Each data segment was labeled as either Normal (0) or Abnormal (1), representing the motor's operational condition. For model training and validation, the dataset was divided into 80% for training and 20% for testing, ensuring a balanced and representative evaluation of the algorithms' performance.

The SVM model classifies the motor's operational state as either normal or abnormal based on the available data. The model achieved an accuracy of 89%, with a precision of 87%, recall of 90%, and an F1-score of 0.88. These results demonstrate the effectiveness of SVM in detecting abnormal operating conditions. Similarly, in a study conducted by Widodo and Yang (2007), it was reported that SVM performs effectively in predictive maintenance applications, although it is sensitive to hyperparameter tuning when applied to large datasets [2].

Based on these results, it can be concluded that the LSTM algorithm performs more effectively in time-series-based predictive maintenance systems, while the SVM algorithm offers a faster and efficient alternative for real-time classification tasks. The control and optimization principles applied in this study are also conceptually aligned with previous research on hybrid and chaotic metaheuristic algorithm-based predictive control structures [14]. Although LSTM provides higher accuracy and better captures long-term dependencies in data, it imposes a greater computational load on the processor. In contrast, SVM operates with lower computational cost and faster response time but requires careful parameter tuning to maintain consistent accuracy and precision.

The system's early warning mechanism was designed to detect abnormal motor behaviors and promptly alert users. Test results showed that when predefined threshold values for temperature or vibration data were exceeded, the system successfully issued alerts to the user within an average response time of 500 ms. This performance aligns with the findings of Sun et al. (2021), who demonstrated that IoT-based predictive maintenance systems can achieve low latency and high efficiency [8].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

To evaluate the system's real-time monitoring capabilities, various user interface tests were conducted under different operational scenarios. The interface visualizes the motor's health status in real time, allowing users to monitor performance intuitively. Based on user feedback, the graphical data representation and alert system were found to be clear, informative, and effective. Similarly, Zhang et al. (2022) reported that presenting data through user-friendly interfaces significantly enhances operators' decision-making speed and efficiency [9].

The findings obtained from this study demonstrate that the developed system provides a successful solution for motor health monitoring and predictive maintenance. The efficiency of the ESP32 in data collection and communication processes confirms its suitability for industrial applications. The data acquisition accuracy was found to be satisfactory when compared with sensors used in previous studies [10,11]. The communication methods each presented distinct advantages and disadvantages depending on the specific application scenarios [12]. The accuracy rates of the artificial intelligence models were consistent with those reported in similar studies in the literature [1,7]. Furthermore, the early warning system effectively provided rapid feedback to users, contributing to the preservation of motor health [8,9]. In conclusion, the system demonstrated strong performance in terms of energy efficiency, accuracy, and predictive maintenance capability, establishing itself as a valuable contribution to Industry 4.0-oriented predictive maintenance solutions.

In this section, the findings of the developed AIoT-based motor health prediction device are evaluated, and the obtained results are compared with previous studies. The strengths and weaknesses of the system are discussed, along with an analysis of its industrial application potential and possible future improvements.

The MPU6050 vibration sensor and DS18B20 temperature sensor, connected to the ESP32, provide critical data for monitoring the motor's physical health. Test results showed that the vibration sensor achieved accurate measurements with a precision of ±0.02 g. This level of accuracy is quite close to the performance of sensors used in the bearing fault detection study by Tandon and Choudhury (1999) [3].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Similarly, the DS18B20 temperature sensor performed stable measurements with an error margin of ±0.5 °C. This error range aligns with the acceptable threshold defined in temperature-based predictive maintenance systems by Heng and Nor (1998) [4]. However, considering potential influences from ambient temperature variations, incorporating more precise industrial-grade temperature sensors could further enhance the system's measurement accuracy.

The system employs two different communication methods—USB connection and Wi-Fi transmission via the TCP/IP protocol—each offering advantages and disadvantages depending on the application scenario.

The USB connection provides high-speed and reliable data transfer with an average latency of 10 ms, but its dependence on a physical cable limits the system's flexibility.

The Wi-Fi (TCP/IP) connection, with an average latency of 50–120 ms, is suitable for remote access; however, variable delays were observed depending on network traffic. In similar studies, Zhang et al. (2022) reported that TCP/IP communication in low-power IoT-based motor monitoring systems may cause latency fluctuations depending on Wi-Fi network stability [9].

In this context, particularly for industrial use cases, integrating low-power communication protocols such as LoRa or Bluetooth Low Energy (BLE) could improve the system's long-term energy efficiency.

In the developed system, LSTM and SVM algorithms were used to evaluate the motor's health status and predict potential faults. According to the test results:

The LSTM model achieved 92% accuracy, demonstrating strong performance in time-series analysis. Thanks to its ability to learn long-term patterns in vibration and temperature data, LSTM proved to be a powerful tool for predictive maintenance. Similarly, Wang et al. (2020) reported that a comparable LSTM model achieved an accuracy above 90% in motor fault prediction [7].

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

The SVM model reached an accuracy of 89% in classifying the motor's current state as normal or abnormal. However, a higher rate of false positives was observed in complex fault scenarios. Widodo and Yang (2007) also indicated that while SVM provides high accuracy in predictive maintenance, it requires optimization when applied to large datasets [1].

Based on these findings, it can be concluded that deep learning models (such as LSTM) are more suitable for predictive maintenance due to their temporal learning capabilities, whereas traditional machine learning models (such as SVM) are valuable for fast classification tasks.
The system's early warning mechanism is capable of notifying users within an average of 500 ms when an abnormal increase in temperature or vibration values is detected. In the study conducted by Sun et al. (2021), it was emphasized that the ability of predictive maintenance systems to provide alerts with low latency is a critical factor that significantly enhances system reliability [8].

The user interface ensures effective system management by allowing users to monitor the real-time health status of motors, review historical data, and receive early warnings to plan maintenance activities in advance. In a similar study, Lee et al. (2018) reported that a user-friendly interface accelerates operators' decision-making processes during maintenance planning [6].
Among the strengths of the system, the 92% accuracy achieved through the LSTM model stands out as a key result. This high accuracy demonstrates that the system can effectively analyze motor health and provide reliable outcomes in predictive maintenance processes. Additionally, the real-time monitoring feature allows data from sensors to be continuously recorded and analyzed, enabling users to track motor health at any moment. The optimized energy consumption achieved through the ESP32's deep sleep mode also allows the system to operate for extended periods with low power usage, which is particularly advantageous in industrial environments where battery life is critical. Furthermore, the availability of both USB and wireless communication options increases system flexibility, making it adaptable to different operational scenarios.

On the other hand, the system also has certain limitations. The SVM model occasionally produces false positive classifications in complex fault scenarios, leading to incorrect alerts even when the motor is operating normally. Another weakness is related to Wi-Fi-based

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

communication, which shows variability depending on network congestion. The occurrence of delays in data transmission over TCP/IP may cause performance issues in applications requiring real-time data delivery. Finally, the DS18B20 temperature sensor's sensitivity to ambient temperature variations can negatively affect measurement accuracy. Integrating more precise industrial-grade temperature sensors could address this issue and further enhance the overall reliability of the system.

The conducted tests indicate that the developed system provides a robust predictive maintenance solution capable of being integrated into industrial applications. However, several optimizations are recommended to further enhance its performance:

The integration of LoRa or Bluetooth Low Energy (BLE) communication protocols could help reduce latency caused by Wi-Fi network instability [12].

The use of more precise industrial-grade temperature sensors would improve measurement accuracy [11].

Expanding the dataset to train the LSTM model for more complex operational scenarios could further enhance the system's prediction capability [7].

With these improvements, the system could evolve into a fully automated predictive maintenance platform suitable for large-scale industrial deployments.

Figure 5 summarizes the main advantages of the developed AIoT-based motor health prediction system, including low power consumption, high accuracy, real-time monitoring, and a user-friendly interface.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7



Figure 5: AIoT-based motor health prediction system

4. CONCLUSION AND FUTURE WORK

This study aimed to contribute to predictive maintenance processes by developing an AIoT-based motor health prediction device that utilizes temperature and vibration data to monitor and predict motor conditions. Test and analysis results demonstrated that the developed system could monitor motor health with 92% accuracy and predict potential faults with 89% success. The reliable collection of sensor data with a precision of ±0.02 g for vibration and ±0.5 °C for temperature, combined with the ESP32 microcontroller's deep sleep mode, which provided up to 68% energy savings and increased battery life by approximately 2.9 times, highlights the system's strong energy efficiency. Furthermore, data transmission tests showed an average latency of 10 ms via USB and 120 ms via Wi-Fi (TCP/IP). The LSTM (92% accuracy) and SVM (89% accuracy) models delivered high reliability in both time-series prediction and real-time classification, confirming the effectiveness of the AI-based analytical approach.

The findings indicate that LSTM and SVM are suitable algorithms for motor health prediction. The LSTM model successfully predicts motor faults by analyzing time-series data, while the SVM model effectively classifies the current operational state. However, to reduce the false-positive rate, training the models on larger datasets is recommended. In addition to AI-based

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

analysis, the system's real-time monitoring and early warning mechanisms enable operators to manage motor health proactively.

The system has strong potential for industrial applications, offering real-time data processing and remote monitoring capabilities consistent with Industry 4.0 predictive maintenance requirements. Thanks to the low power consumption of the ESP32, the system maintains energy efficiency while providing communication flexibility through both USB and TCP/IP connections. In large-scale industrial environments, deploying this system could reduce maintenance costs and minimize unplanned downtime, ensuring smoother and more reliable operations.

Future work should focus on generalizing the system for a wider range of motor types. Expanding the dataset with more diverse motor data will improve the model's prediction accuracy. Additionally, integrating alternative communication protocols such as LoRa or Bluetooth Low Energy (BLE) could further enhance system reliability by addressing Wi-Fi latency issues. To improve measurement precision, incorporating high-accuracy industrial temperature sensors is also recommended.

In conclusion, the developed AIoT-based motor health prediction device presents a predictive maintenance solution aligned with Industry 4.0 goals. With its features such as real-time monitoring, AI-driven analysis, and low power consumption, the system contributes to the continuous operation of production processes by predicting motor faults in advance. Future enhancements will further expand its scalability and accuracy, enabling broader industrial adoption. This study represents a significant step forward in advancing intelligent and efficient maintenance strategies by harnessing the power of artificial intelligence in predictive maintenance technologies.

REFERENCES

[1] Widodo, A. ve Yang, B. S., Support vector machine in machine condition monitoring and fault diagnosis, Mechanical Systems and Signal Processing, 21(6), 2560–2574, 2007.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[2] Ghodrati, B. ve Kumar, U., Reliability and operating environment-based spare parts estimation approach: A case study in Kiruna Mine, Sweden, Reliability Engineering & System Safety, 87(3), 365–373, 2005.

[3] Tandon, N. ve Choudhury, A., A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings, Tribology International, 32(8), 469–480, 1999.

[4] Heng, A. ve Nor, M., The role of temperature monitoring in predictive maintenance of electric motors, Mechanical Systems and Signal Processing, 12(2), 161–175, 1998.

[5] Benbouzid, M., A review of induction motors signature analysis as a medium for fault detection, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 47(5), 984–993, 2000.

[6] Lee, J., Bagheri, B. ve Kao, H. A., A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems, Manufacturing Letters, 3(2), 18–23, 2018.

[7] Wang, L., Zhang, X. ve Wang, Z., A deep learning-based predictive maintenance model for rotating machinery using CNN, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(7), 4632–4642, 2020.

[8] Sun, Y., Zhao, R. ve Liu, H., Low-power IoT-based predictive maintenance for industrial motors, Sensors, 21(4), 1258, 2021.

[9] Zhang, H., Liu, X. ve Wang, J., A low-power wireless health monitoring system for industrial motors, IEEE Internet of Things Journal, 9(6), 3751–3762, 2022.

[10] Vibration Analysis Techniques for Fault Detection in Rotating Machines, Mechanical Systems and Signal Processing, 2015.

[11] Temperature-Based Predictive Maintenance for Electric Motors, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2018.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[12] Wireless IoT-Based Monitoring for Industrial Motors: A Comparison of Communication Protocols, Sensors Journal, 2021.

[13] Öztürk, G., Çimen, M. E., Çavuşoğlu, Ü., Eldoğan, O., & Karayel, D. (2025). Secure and Efficient Data Encryption for Internet of Robotic Things via Chaos-Based Ascon. *Applied Sciences (2076-3417)*, 15(19).

[14] Çimen, M. E. (2022). *Hibrit ve kaotik metasezgisel arama algoritmaları kullanarak model öngörülü kontrol yapıları tasarımı (Hybrid and chaotic metaheuristic algorithms and design of model predictive control structures)*. Doctoral dissertation, Sakarya Uygulamalı Bilimler University, Turkey.

[15] Predictive Maintenance Strategies for Industrial Motors, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2019.

[16] Real-Time AIoT Monitoring for Smart Factories, Sensors and Actuators Journal, 2020.

[17] Deep Learning Applications in Industrial Predictive Maintenance, Machine Learning Journal, 2021.

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MORFOLİN TÜREVLİ KALKONLARIN SENTEZİ VE YAPILARININ AYDINLATILMASI

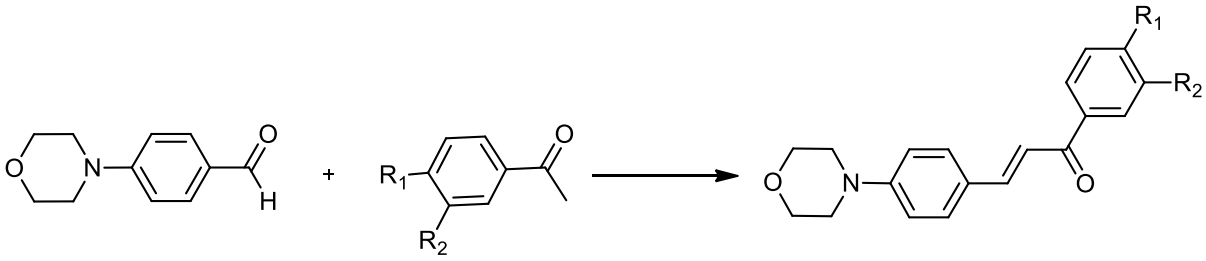
Dr.NEDİME ÇALIŞKAN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, nedime_caliskan19@erdogan.edu.tr -

https://orcid.org/0000-0001-8828-9192

ÖZET

Kalkonlar, flavonoidlerin ve izoflavonoidlerin biyosentezinin ana öncüleri olup antitüberküloz (Lin vd., 2002), antioksidan (Çalışkan vd., 2020) antiviral, anti-inflamatuar (Wen vd., 2005), antiplatelet (Zhao vd., 2005; Maatougui vd., 2017), antimalaryal (Liu vd., 2003; Guttoridge vd., 2007), tübülin inhibitörleri (Aryaapour vd., 2012) ve anti-Leishmania ajanlar (Boeck vd., 2006) gibi birçok biyolojik aktiviteler sergilerler. Ayrıca kalkonların antibakteriyel (Mudaliar vd., 2005), anti-inflamatuar (Kotra vd., 2010), anti-enfektif (Sharma vd., 2009), antitümör (Abonia vd., 2012), antimikotik (Sav d., 2017), ters transkriptaz inhibitörü (Hameed vd., 2016) ve antiülser (Sashidhara vd., 2015) gibi geniş çapta biyolojik aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir. Kalkonların çeşitli sentez yöntemleri vardır (Mahopatra vd., 2015). En bilindik olanı ve en tercih edilen yöntem bazik veya asidik ortamlarda gerçekleştirilen Claisen-Schmidt kondensasyonu metodudur (Dhar vd., 1981). Doymuş heterosiklik halkaya sahip tetrahidro-1,4-oksazin olarak da adlandırılan morfolin, metabolik kararlılığı nedeniyle aktif moleküllerin geliştirilmesi için uygun bir çalışma alanına sahiptir (Makhaeva vd., 2021). Elektron eksikliği olan halkanın varlığı hidrofobik etkileşimlere aracılık edebilir ve azot veya oksijen gibi heteroatomlar, hedef enzimlerle güçlü etkileşimleri artırmak için hidrojen bağı alıcı karakterini kolaylaştırabilir (Lenci vd., 2021). Bu çalışmada morfolin türevli aldehit ile 8 farklı asetofenonun reaksiyonu sonucu 8 farklı kalkon türevi sentezlenerek yapı aydınlatılmaları IR, ^{1}HNMR ve ^{13}CNMR spektroskopik yöntemlerle sağlanmıştır.



Şekil 1. Morfolin iskeletli kalkon türevleri genel gösterimi.

Anahtar Kelimeler : Kalkon, morfolin, Claisen-Schmidt kondensasyonu, antikanser

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SYNTHESİS AND STRUCTURAL ELUCİDATİON OF MORPHOLİNE-DERİVED CHALCONES

ABSTRACT

Chalcones are the main precursors in the biosynthesis of flavonoids and isoflavonoids, and they exhibit a wide range of biological activities such as antituberculosis (Lin et al., 2002), antioxidant (Çalışkan et al., 2020), antiviral, anti-inflammatory (Wen et al., 2005), antiplatelet (Zhao et al., 2005; Maatougui et al., 2017), antimalarial (Liu et al., 2003; Guttoridge et al., 2007), tubulin inhibitors (Aryaapour et al., 2012), and anti-Leishmania agents (Boeck et al., 2006). Furthermore, chalcones have been reported to possess broad-spectrum biological activities such as antibacterial (Mudaliar et al., 2005), anti-inflammatory (Kotra et al., 2010), anti-infective (Sharma et al., 2009), antitumor (Abonia et al., 2012), antimycotic (Sav et al., 2017), reverse transcriptase inhibitory (Hameed et al., 2016), and antiulcer (Sashidhara et al., 2015) properties. Various synthetic approaches to chalcones have been described (Mahopatra et al., 2015). The most well-known and preferred method is the Claisen–Schmidt condensation carried out under basic or acidic conditions (Dhar et al., 1981). Morpholine, also referred to as tetrahydro-1,4-oxazine containing a saturated heterocyclic ring, provides a suitable scaffold for the development of active molecules due to its metabolic stability (Makhaeva et al., 2021). The presence of the electron-deficient ring may mediate hydrophobic interactions, while heteroatoms such as nitrogen or oxygen can facilitate hydrogen bond acceptor character, thereby enhancing strong interactions with target enzymes (Lenci et al., 2021). In this study, eight different chalcone derivatives were synthesized by reacting a morpholine-derived aldehyde with eight different acetophenones, and their structural elucidation was performed using IR, ^{1}H NMR, and ^{13}C NMR spectroscopic techniques.

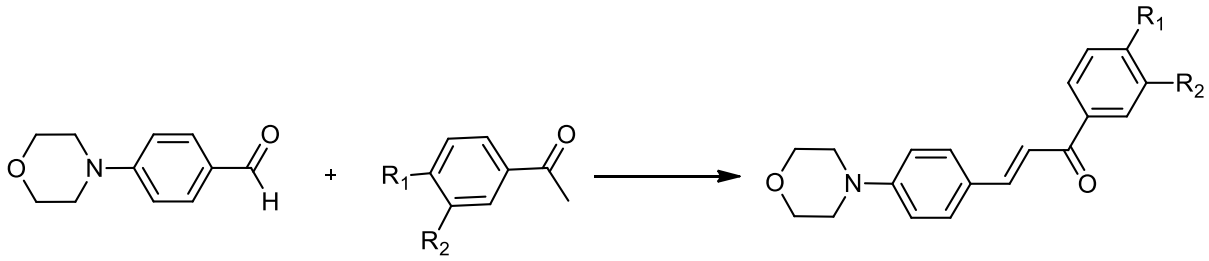


Figure 1. General structure of morpholine-skeleton chalcone derivatives.

Keywords: Chalcone, Morpholine, Claisen–Schmidt Condensation, Anticancer

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

IMPLEMENTING TELEHEALTH IN RURAL AND REMOTE COMMUNITIES FOR PRIMARY CARE

Prof. Dr. Alejandro Ruiz, Dr. Fatima Khan, Assis. Prof. Dr. Morten Larsen
Department of Family Medicine, American University of Beirut, Lebanon

Abstract

This study analyzes telehealth implementation for primary care in rural and remote Middle Eastern communities, where healthcare access is limited. The research examines innovative telehealth models to deliver essential health services, reduce patient travel burdens, and enhance preventive care. Qualitative and quantitative data from pilot projects highlight improvements in chronic disease management, vaccination rates, and patient satisfaction. The study also addresses challenges such as internet connectivity issues, cultural resistance, and healthcare provider training. Outcomes demonstrate that telehealth effectively bridges gaps in primary care service delivery, promoting early diagnosis and continuous monitoring. The authors recommend scalable telehealth programs powered by robust digital infrastructure and government backing to expand healthcare accessibility. The paper concludes that telehealth is a vital tool in improving health equity in remote Middle Eastern areas, fostering broader healthcare system resilience.

Keywords: telehealth, primary care, rural health, healthcare access, Middle East

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ASSESSMENT OF PAIN MANAGEMENT PRACTICES IN PEDIATRIC CARE UNITS ACROSS MIDDLE EASTERN COUNTRIES

Dr. Rania Khalil, Youssef Mahmoud, Dr. Leila Mansour
Department of Pediatric Medicine, Cairo University, Egypt

Abstract

This research assesses pain management practices in pediatric care units across the Middle East, focusing on protocols, staff training, and patient outcomes. Adequate pain control in children is critical for comfort, recovery, and overall health but remains inconsistently applied in the region. The study collects data from hospitals in Egypt, Jordan, and Lebanon, evaluating clinical procedures, medication use, and caregiver awareness. Findings reveal variability in pain assessment tools, analgesic availability, and educational resources, often limited by resource constraints and cultural misconceptions about pediatric pain. The paper advocates for standardized pain management guidelines, enhanced training programs for healthcare professionals, and increased family involvement in pain care. Implementing evidence-based practices is vital to improve pediatric patients' quality of care and address disparities in pain management across Middle Eastern healthcare settings.

Keywords: pain management, pediatric care, Middle East, clinical practice, healthcare training

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THE ROLE OF NURSES IN CHRONIC DISEASE MANAGEMENT: A CROSS-COUNTRY STUDY IN THE MIDDLE EAST

Prof. Dr. Ahmed Farouk, Dr. Salma Nabil, Prof. Dr. Dalia Karam
School of Nursing, University of Beirut, Lebanon

Abstract

This cross-country study explores the vital role nurses play in managing chronic diseases such as diabetes, cardiovascular diseases, and respiratory conditions across Middle Eastern countries. The research evaluates nursing roles regarding patient education, medication adherence, lifestyle counseling, and monitoring. Data collected through interviews and surveys across hospitals in Lebanon, Jordan, and Saudi Arabia highlight significant contributions nurses make towards improving patient outcomes and reducing hospital admissions. The study identifies barriers, including workload, training gaps, and limited multidisciplinary collaboration. Recommendations include expanding nursing education programs, establishing chronic care teams, and enhancing policy support for nurse-led interventions. The findings reinforce nurses' essential position in chronic disease management and call for strengthening nursing capacity to address the rising burden of chronic illness within the Middle East effectively.

Keywords: nursing, chronic disease management, Middle East, patient care, health education

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EVALUATION OF NURSING EDUCATION CURRICULA IN THE MIDDLE EAST: ALIGNMENT WITH GLOBAL HEALTHCARE NEEDS AND CULTURAL CONTEXTS

Prof. Dr. Samir Abbas
Department of Nursing Education, Jordan University of Science and Technology, Jordan

Abstract

This paper evaluates nursing education curricula across Middle Eastern countries in terms of their alignment with global healthcare standards and responsiveness to local cultural contexts. The study reviews curricula from universities in Jordan, Saudi Arabia, and Egypt, comparing educational content, clinical training, and competency outcomes. It examines integration of global health competencies, cultural competence training, and use of simulation technologies. The research identifies strengths, including growing emphasis on evidence-based practice and interprofessional education, alongside challenges such as balancing Western models with local cultural norms. Recommendations focus on enhancing curricular flexibility, incorporating region-specific health issues, and fostering partnerships with international nursing bodies. The study calls for reforms that equip nursing graduates to meet contemporary healthcare demands while honoring cultural sensitivities, ensuring quality nursing care throughout the Middle East.

Keywords: nursing education, curriculum, cultural competence, healthcare needs, Middle East

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MODAL DAMPING EFFECT IN ECCENTRICALLY BRACED FRAMES UNDER PULSE-TYPE GROUND MOTIONS

Asst. Prof. Dr. Zeliha Tonyali

Recep Tayyip Erdogan University, The Faculty of Engineering and Architecture

zeliha.tonyali@erdogan.edu.tr- ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6637-7949

Asst. Prof. Dr. Adnan Kiral

Recep Tayyip Erdogan University, The Faculty of Engineering and Architecture

adnan.kiral@erdogan.edu.tr- ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4534-3686

Abstract

Eccentrically Braced Frames (EBFs) are widely adopted in seismic design owing to their balanced combination of strength, stiffness, and energy dissipation capacity. However, the effect of modal damping in EBFs subjected to pulse-type ground motions (PGMs) has received limited attention in the field of structural vibration control. This study examines the seismic response of short-link EBF systems under two representative PGMs (with four earthquake records), considering scenarios with and without the inclusion of modal damping. A six-story inverted-V braced frame located in a high-seismicity region of Türkiye is selected as the case study. Nonlinear time-history analyses (NTHAs) are performed using ground motion records classified according to pulse parameters. Key performance indicators—such as inter-story drift ratios (IDRs), story displacements, base shear–roof displacement response, residual IDRs, plastic hinge distribution, the mean shear forces at the links at each floor, input and hysteretic energy ratios and shear force vs. deformation hysteresis loop of critical link—are systematically evaluated and compared across the selected records. The findings demonstrate that incorporating modal damping substantially alters the dynamic response, particularly under motions characterized by high T_p/T_1 ratios, high PGV/PGA values and large pulse amplitudes. These results underscore the critical importance of accurately representing modal damping in the seismic assessment and design of EBFs subjected to strong PGMs.

Keywords: Eccentrically braced frames, pulse-type ground motions, short link, modal damping effects

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

B-1,4-ENDOGLUKANAZ (EC 3.2.1.4) ENZİMİNİN PROTEİN MÜHENDİSLİĞİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Büşra Betül Demir
Yıldız Teknik Üniversitesi, demirbusrabetul@gmail.com
ORCID ID: 0009-0009-2282-5242

Doç.Dr. Emel Ordu
Yıldız Teknik Üniversitesi, bemel@yildiz.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-3060-2806

Dr. Öğr. Üyesi Aslı Kutlu
İstinye Üniversitesi, asli.kutlu@istinye.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-9169-388X

ÖZET

β-1,4-endoglukanazlar (EC 3.2.1.4) selülozun ve diğer β-1,4-glukanların hidrolizini katalizleyen, başta biyoyakıt, kâğıt, tekstil, hayvan yemi ve gıda olmak üzere birçok farklı üretim alanında kullanımı olan önemli endüstriyel enzimlerdir. Tüm bu endüstriyel potansiyellerinden dolayı yeni β-1,4-endoglukanaz enzimlerinin keşfi ve bu enzimlerin protein mühendisliği yaklaşımları ile farklı endüstriyel ihtiyaçlara yönelik olarak geliştirilmesi son yıllarda dikkat çeken çalışmalar arasındadır. Bu çalışmada; metagenomik yaklaşımla edilen yeni bir β-1,4-endoglukanaz enziminin optimum çalışma pH'ının belirlenmesi ve pH stabilitesini artırmak amacıyla protein mühendisliği teknikleri uygulanmıştır. Bu amaçla, homoloji modelleme ve moleküler dinamik simülasyonları kullanılarak yüklü yüzey amino asitlerinin pH stabilitesine katkısı incelenmiş ve kritik amino asit rezidüleri belirlenmiştir. Belirlenen rezidülerde bölgeye yönlendirilmiş mutasyon yöntemi ile amino asit değişiklikleri yapılmıştır. Yapılan mutasyonların enzimin çalışma pH'ı ve yapısı üzerinde etkileri tespit edilmiştir. Farklı pH ortamlarının enzim aktivitesi, stabilitesi ve 3D yapısı üzerindeki etkileri, moleküler dinamik simülasyonları ile analiz edilmeye devam edilmektedir. Tüm bu deneysel ve hesaplamalı çalışmalar, yeni tanımlanan β-1,4-endoglukanazın yapısı ve dinamiği hakkında daha derin bir açıklama sunmakta olup, bu enzim çeşitli endüstriyel uygulamalar için umut vaat etmektedir. Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FLY-2024-6565 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: rasyonel dizayn, bölgeye yönlendirilmiş mutaganez, enzim stabilitesi, moleküler dinamik çalışması

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

IMPROVING OF B-1,4-ENDOGLUCANASE THROUGH PROTEIN ENGINEERING STRATEGIES

Graduate Student, Büşra Betül Demir

Yıldız Technical University, demirbusrabetul@gmail.com

ORCID ID: 0009-0009-2282-5242

Assoc. Prof. Dr. Emel Ordu

Yıldız Technical University, bemel@yildiz.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-3060-2806

Assistant Prof. Aslı Kutlu

ORCID ID: 0000-0002-9169-388X

İstinye University, asli.kutlu@istinye.edu.tr

Abstract

β-1,4-endoglucanases (EC 3.2.1.4) are important industrial enzymes, catalyzing the hydrolysis of cellulose and other β-1,4-glucans and are used in many different production areas, primarily biofuel, paper, textiles, animal feed, and food. Due to all these industrial potentials, the discovery of new β-1,4-endoglucanase enzymes and their development for different industrial needs using protein engineering approaches have been among the remarkable studies in recent years. In this study, protein engineering techniques were applied a new β-1,4-endoglucanase enzyme identified through metagenomic approach to determine the optimal working pH and to enhance its pH stability. To this end, the contribution of charged surface amino acids to pH stability was investigated using homology modeling and molecular dynamics simulations, which led to the identification of critical residues for maintaining pH stability. Subsequently, site-directed mutagenesis was performed to generate mutant β-1,4-endoglucanase enzymes, followed by analyses to evaluate the effects of the selected mutations on structural properties and optimal pH values. In addition to the experimental studies, molecular dynamics simulations were carried out to examine the impacts of varying pH values on the structure and function of the newly discovered β-1,4-endoglucanase, as well as the effects of the selected point mutations on these features. All these experimental and computation studies provide a deeper explanation about the structure and dynamics of newly identified β-1,4-endoglucanase, promising enzyme for varied industrial applications. This study was funded by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Yıldız Technical University (Project No: FLY-2024-6565).

Keywords: rational design, site-directed mutagenesis, enzyme stability, molecular dynamics studied

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

CRYPHONECTRIA PARASITICA İNULİNAZININ REKOMBİNANT ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Zeliha Selcan SELÇUK
Yıldız Teknik Üniversitesi, selcan.selcuk@std.yildiz.edu.tr - 0009-0008-5184-3063

Dr. Öğr. Üyesi Günseli KURT GÜR
Yıldız Teknik Üniversitesi, gunseli@yildiz.edu.tr - 0000-0002-2911-9465

Doç. Dr. Emel ORDU
Yıldız Teknik Üniversitesi, bemel@yildiz.edu.tr - 0000-0003-3060-2806

ÖZET

İnülin, β(2→1) glikozidik bağlarıyla bağlanmış doğrusal fruktoz zincirlerinden oluşan bir fruktan olup, prebiyotik özellikleri sayesinde sağlık ve gıda endüstrisinde dikkat çekmektedir. Birçok bitkinin soğan, yumru ve köklerinde bulunan inülin, bağırsak sağlığını destekleyerek faydalı bakterilerin gelişimini teşvik etmektedir. Bu biyolojik etkilerinin yanı sıra, prebiyotik fruktooligosakkarit (FOS) üretimi, düşük glisemik indeksli doğal tatlandırıcı geliştirilmesi ve biyoyakıt üretimi gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda da önemli bir role sahiptir. İnülinin hidrolizi, ekzoinülinazlar tarafından fruktoza, endoinülinazlar tarafından ise farklı zincir uzunluklarında FOS'a dönüştürülmektedir. Mikrobiyal kaynaklardan elde edilen inülinazlar, yüksek verim ve kontrollü üretim avantajları sunduğundan endüstride yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu çalışma, literatürde ilk kez *Cryphonectria parasitica* kaynaklı inülinazın rekombinant üretimi ve karakterizasyonunu gerçekleştirerek gıda endüstrisinde kullanım potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmamız kapsamında *C. parasitica* inülinaz geni PCR ile amplifikasyonun ardından pQE-2 ekspresyon vektörüne klonlanarak farklı *Escherichia coli* suşlarında heterolog olarak ifade edilmiştir. Ekspresyon kontrolünün ardından, daha verimli bir üretim ve sekresyon avantajı sağlamak amacıyla gen ayrıca pPICZαA ekspresyon vektörüne klonlanmış ve *Pichia pastoris* sisteminde ifade edilmiştir. Bu sistemde üretim için en uygun sıcaklık, inkübasyon süresi, metanol ve sorbitol konsantrasyonu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda rekombinant inülinaz enziminin biyokimyasal karakterizasyonu kapsamında optimum sıcaklık, pH stabilitesi ve katalitik parametrelerin belirlenmesi planlanmaktadır. Böylece enzimin gıda endüstrisindeki potansiyel uygulamaları test edilecek ve fonksiyonel gıdalarda prebiyotik FOS üretimi ile doğal tatlandırıcı geliştirilmesine yönelik sürdürülebilir biyoteknolojik yaklaşımlar için güçlü bir aday olabileceği değerlendirilecektir.
Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBG-2025-6576 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Cryphonectria parasitica*, inülin, rekombinant inülinaz, endüstriyel biyoteknoloji

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

RECOMBINANT PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF *CRYPHONECTRIA PARASITICA* INULINASE

Zeliha Selcan SELÇUK
Yıldız Technical University, selcan.selcuk@std.yildiz.edu.tr - 0009-0008-5184-3063

Asst. Prof. Dr. Günseli KURT GÜR
Yıldız Technical University, gunseli@yildiz.edu.tr - 0000-0002-2911-9465

Assoc. Prof. Dr. Emel ORDU
Yıldız Technical University, bemel@yildiz.edu.tr - 0000-0003-3060-2806

ABSTRACT

Inulin is a fructan composed of linear fructose chains linked by β(2→1) glycosidic bonds and has attracted attention in the health and food industry due to its prebiotic properties. Inulin, which is found in the bulbs, tubers, and roots of many plants, supports intestinal health and promotes the growth of beneficial bacteria. In addition to these biological effects, it also plays an important role in various industrial applications such as the production of prebiotic fructooligosaccharides (FOS), the development of natural sweeteners with low glycemic index, and biofuel production. The hydrolysis of inulin is converted to fructose by exo-inulinases and to FOS with different chain lengths by endo-inulinases. Inulinases obtained from microbial sources are widely preferred in the industry since they offer high yield and controlled production advantages. This study aims to investigate the potential use of inulinase derived from *Cryphonectria parasitica* in the food industry by performing its recombinant production and characterization for the first time in the literature. Within the scope of our study, the *C. parasitica* inulinase gene was amplified by PCR and cloned into the pQE-2 expression vector and heterologously expressed in different *Escherichia coli* strains. After expression control, in order to provide more efficient production and secretion advantage, the gene was also cloned into the pPICZαA expression vector and expressed in the *Pichia pastoris* system. In this system, the optimal temperature, incubation time, methanol, and sorbitol concentration for production were determined. Based on the findings obtained, it is planned to determine the optimum temperature, pH stability, and catalytic parameters within the scope of the biochemical characterization of the recombinant inulinase enzyme. Thus, the potential applications of the enzyme in the food industry will be tested, and it will be evaluated as a strong candidate for sustainable biotechnological approaches for the production of prebiotic FOS in functional foods and the development of natural sweeteners. This study was supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit within the scope of project number FBG-2025-6576.

Keywords: *Cryphonectria parasitica*, inulin, recombinant inulinase, industrial biotechnology

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

AMMONIUM REMOVAL BY ANOXIC NITRIFICATION-DENITRIFICATION BASED ON BIOGENEIC MANGANESE OXIDE IN A SEQUENCED BATCH REACTOR

Graduate Student, KÜBRA TEKAY

Firat University, kuubra.tekay@gmail.com

Dr., HANDE AKSOY

Firat University, haksoy@firat.edu.tr – 0000-0001-6018-7450

Professor Dr., ÖZLEM TEPE

Firat University, otepe@firat.edu.tr – 0000-0001-8336-3699

Summary

In recent years, BioMnOx-mediated nitrogen conversion and organic removal via microbial oxidation of Mn^{2+} have attracted attention. Mn^{2+} and some of the bioavailable organic substances obtained by its oxidation can be used as electron donors to participate in denitrification and simultaneously remove Mn^{2+} from wastewater. In the presence of an organic micropollutant, Mn(III) oxides act as electron acceptors and are reduced to Mn^{2+} while the micropollutant is oxidized. Bacteria produce a mixture of Mn(III) and Mn(IV) oxides as nanometer-scale particles with excellent sorption and oxidation properties due to their high specific surface area and numerous Mn(IV) vacancies. In this study, BMO production was carried out using Pseudomonas Putida NRRL B-14878, and BMO beads (TBMO) were obtained by immobilizing the oxides. In 10 periods lasting 242 days, the effects of NH_4-N concentration, cycle time, and C/N ratio on ammonium removal efficiency were determined. Studies were conducted using groundwater in the 10th period using the optimum parameters obtained from cycles up to period 9. Filtration studies using flat sheet membranes were also conducted on samples taken from the effluent of sequential batch reactors to remove microbial contamination and ions that may occur as a result of the anoxic nitrification-denitrification process based on biogenic manganese oxide. These studies were carried out with a dead-end filtration system and consisted of two stages. The first stage involved ultrafiltration applications aimed at preventing and/or minimizing clogging problems that may be observed during the nanofiltration stage, and the second stage involved nanofiltration studies with the permeate obtained by ultrafiltration. NH_4-N, NO_2^-, NO_3^-, manganese, and biomass analyses were conducted in samples obtained over ten periods. In addition to these analyses in dead-end filtration, alkalinity, hardness and chloride analyses were also performed.

Key Words : $BiOMnO_x$, Mn^{2+}, NH_4-N, nitrification, denitrification.

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

PARTIAL GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE DEFICIENCY IN AN INFANT PRESENTING WITH HEMOLYTIC ANEMIA: A CASE REPORT

Saadi Fatima Zohra

Ahmed Ben Bella University 1.Oran; Algeria

saadizahraatoxico@gmail.com

https://orcid.org/0000-0002-3801-8228

Bouloukbachi Zahra

Ahmed Ben Bella University 1.Oran; Algeria

zahrabouloukbachi@gmail.com

ABSTRACT

Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD) deficiency is one of the most common enzymatic disorders of red blood cells worldwide. It predisposes affected individuals to episodes of hemolysis when exposed to oxidative stressors, such as certain foods, drugs, or infections.

We report the case of an 18-month-old infant, with no significant past medical history, born to a young non-consanguineous couple, admitted for chronic anemia. Clinical examination revealed an afebrile state with preserved general condition, mucocutaneous pallor, and stage II splenomegaly. Laboratory investigations showed hemoglobin at 8 g/dl with microcytic and hypochromic red blood cells, platelet count of 332,000/mm³, LDH at 617 U/L, total bilirubin at 48 µmol/L (44 µmol/L unconjugated), CRP at 22 mg/L, almost undetectable haptoglobin (0.002 g/L), and ferritin at 131 ng/ml. This profile was highly suggestive of acute hemolysis, most likely triggered by ingestion of fava beans, raising suspicion of glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD) deficiency. The patient's history confirmed the recent consumption of a large amount of fava beans. Enzymatic activity testing revealed a G6PD level of 124 U/10^{12} RBCs, below the normal reference range (150–300 U/10^{12} RBCs), consistent with partial G6PD deficiency. The family received counseling regarding dietary restrictions, and a list of contraindicated medications was provided.

Keywords: G6PD deficiency, hemolysis, fava beans, pediatrics

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EVALUATION OF HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE (G6PDH) ACTIVITY IN WISTAR RATS

Saadi Fatima Zohra
Ahmed Ben Bella University 1.Oran; Algeria
saadizahraatoxico@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-3801-8228

ABSTRACT

Introduction

Biological characterization of laboratory animals is crucial to ensure the reliability of experimental results. This study aimed to assess baseline baseline hematological parameters in healthy male Wistar rats.

Methods

Thirty six male Wistar rats were included. Methemoglobin levels were measured using Evelyn Malloy spectrophotometric method. CBC was performed using HumaCount 80 TS analyser.), G6PDH activity was assessed by two methods: the UV reference method and Brewer test.

Results

Methemoglobin levels were below 2%, with a mean of 0.56 ± 0.6%, andicating low variability and no enzymatic reduction deficit. Hematological values were within normal ranges compared to published references, with no evidence of anemia. Mean G6PDH activity was 14.63 ± 0.27 IU/g Hb, with minimal variability (CV = 0.11%). After adjusting for temperature differences in enzyme activity measurement, these values were comparable to those reported in similar studies.

Discussion

All rats exhibited normal hematological profiles, closely matching values reported in the literature. Minor discrepancies observed may be attributed to variables such as the site and technique of blood collection, sampling equipment, storage conditions, or differences in analytical instrumentation. In addition, the rats demonstrated adequate G6PDH activity, confirming their physiological suitability for experimental models involving oxidative stress.

Conclusion

The pre-assessment of these hematological and enzymatic parameters is crucial to rule out underlying deficiencies or disorders, thereby ensuring the reliability and scientific validity of subsequent toxicological studies.

Keywords: Wistar rats, hematology, experimentation.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BİR ÜRETKEN YAPAY ZEKA MODELİ OLAN CHATGPT'NİN ETİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Semahat GÜRSOY

Gazi Üniversitesi, semahat.gursoy@gazi.edu.tr- ORCID: 0009-0009-0197-1945

Doç.Dr.Nursel YALÇIN

Gazi Üniversitesi, nyalcin@gazi.edu.tr- ORCID:0000-0002-0393-6408

ÖZET

Son zamanlarda üretken yapay zeka modelleri terimi sıkça karşımıza çıkmaktadır. ChatGPT, Gemini, Copilot ve Deepseek bu modellerden bazılarıdır. Bu modeller, kullanıcılara metin yazmak, kod üretmek, görsel oluşturmak, video düzenlemek, ses biçimlendirmek ve daha birçok amaç için fırsat vermektedir. Bu modellerin kullanılması etik ve siber güvenlik açısından bazı sorunlara yol açabilmektedir. Bu çalışmada, ChatGPT kullanıcılarının üretken yapay zekâ kullanımında karşılaştıkları etik riskleri ve bu konudaki farkındalık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla ChatGPT modeli üzerinden 298 kişinin katılımı ile bir anket çalışması yürütülmüştür. Anket sonuçları betimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, kullanıcı görüşleri manipülasyon, teknoloji bağımlılığı, ön yargı, dezenformasyon, intihal, kişisel veri gizliliği, dolandırıcılık, hesap verilebilirlik ve siber güvenlik riskleri üzerinden incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre katılımcılar siber güvenlik, gizlilik, kötüye kullanım, intihal, eleştirel düşünme, sorumluluğun kime ait olduğu, yanlış bilgi, ön yargılar sorunlarını %70-85 oranında katılıyorum seçeneğini işaretlemişlerdir. Katılımcıların çoğunluğu önlem alınması gerektiğini belirterek kötü amaçlı yazılım ve siber güvenlik tehlikelerini en fazla farkındalık yaratan konu başlıkları olarak belirlemiştir. Telif hakkı ihlali ve intihal konusunda %73,8'lik kesim üretken yapay zekânın atıf yapılmaksızın kullanılmasının intihal riski taşıdığını belirtirken %54,9'u yapay zekâ çıktılarının insan yapımı içeriklerle aynı telif haklarına sahip olması gerektiğini savunmuştur. Ayrıca kişisel verilerin gizliliği ve mahremiyetiyle ilgili tehlikeler yüksek düzeyde farkındalık göstermiştir. Kullanıcılar teknoloji bağımlılığı, eleştirel düşünme ve problem çözme yeteneklerinin azalması gibi riskleri de belli oranlarda gündeme getirmektedir. Sonuç olarak, ChatGPT kullanıcılarının yapay zeka tarafından üretilen içeriklerin telif hakkına sahip olup olmayacağı, sorumluluğunun kime ait olacağı ve veri gizliliği konularında genel olarak yüksek etik farkındalığı olsa da bu konularda belirsizlikler olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, üretken yapay zekânın etik kullanımını desteklemek için politika, eğitim ve denetim mekanizmaları oluşturmanın çok önemli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Üretken Yapay Zeka, ChatGPT, Etik Sorunlar, Siber Güvenlik Riskleri

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ETHICAL EVALUATION OF CHATGPT, A GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL

ABSTRACT

Recently, the term generative AI models has been frequently used. ChatGPT, Gemini, Copilot, and Deepseek are some of these models. These models provide users with opportunities to write text, generate code, create images, edit videos, format audio, and for many other purposes. The use of these models can lead to several ethical and cybersecurity issues. This study aims to determine the ethical risks faced by ChatGPT users in the use of generative artificial intelligence and their level of awareness on this issue. For this purpose, a survey study was conducted with the participation of 298 people using the ChatGPT model. The survey results were evaluated using the descriptive analysis method. In this study, user opinions were examined in terms of manipulation, technology addiction, bias, disinformation, plagiarism, personal data privacy, fraud, accountability, and cybersecurity risks. According to the analysis results, participants indicated that they agreed with issues such as cybersecurity, privacy, misuse, plagiarism, critical thinking, responsibility, misinformation, and biases at a rate of 70-85%. The majority of participants identified malware and cybersecurity threats as the topics that raised the most awareness, stating that measures needed to be taken. Regarding copyright infringement and plagiarism, 73.8% of respondents stated that the use of generative AI without attribution carries a risk of plagiarism, while 54.9% argued that AI outputs should have the same copyright as human-made content. Furthermore, there has been a high level of awareness regarding the dangers related to the confidentiality and privacy of personal data. Users also raise risks such as technology addiction, reduced critical thinking, and problem-solving abilities to some extent. Consequently, while ChatGPT users generally have a high ethical awareness regarding whether AI-generated content will be copyrighted, who will be responsible for it, and data privacy, they are still uncertain about these issues. These results demonstrate the crucial importance of establishing policies, training, and oversight mechanisms to support the ethical use of generative AI.

Keywords : Generative Artificial Intelligence, ChatGPT, Ethical Issues, Cybersecurity Risks

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ELEKTROENSEFELORAFİ VE ELEKTROKARDİYOGRAFİ SİNYALLERİ KULLANILARAK EPİLEPSİ NÖBETLERİNİN YAPAY ZEKA İLE TAHMİN EDİLMESİ

Msc, NUR SENA ÖZDEMİR YILMAZ

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, nursenaozdemir@etu.edu.tr

ORCID ID:0009-0007-1450-804X

Prof. Dr. OSMAN EROĞUL

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, erogul@etu.edu.tr

ORCID ID:0000-0002-4640-6570

ÖZET

Epilepsi ani gelişen nöbetlerle ortaya çıkan ve dünyada en yaygın görülen nörolojik hastalıkların başında gelmektedir. Epilepsi nöbetlerinin kontrol altına alınabilmesi için klinik olarak tercih edilen 2 yöntem; cerrahi işlemler ve farmakolojik yöntemlerdir. Fakat bu iki yöntem de epilepsi tedavisi için altın standart olarak kabul edilmemiştir. Bunun sebebi ise her hastaya uygulanabilirliklerinin ve başarı oranlarının düşük olmasıdır. Bu sebeple epilepsi nöbet tahmini algoritmalarının geliştirilebilmesi ve nöbet gerçekleşmeden belirli bir süre önce nöbetlerin tahmin edilebilmesi ile erken uyarı mekanizmalarının oluşturulması yaygın bir çalışma konusudur. Bu çalışmada erken epilepsi nöbet tahmini için Siena Scalp EEG veri tabanı kullanılmıştır. Çalışmaların tamamı MATLAB ile tamamlanmıştır. Tez çalışması kapsamında EEG ve EKG biyosinyal tabanlı makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları geliştirilmiştir. Biyosinyallerin öncelikli olarak ön işleme basamakları tamamlanmış ve 30'ar saniyelik pencerelerle epoklanmışlardır. Makine öğrenmesi algoritmalarında EEG bazlı olarak 19 adet öznitelik ve EKG bazlı olarak ise 20 adet öznitelik ilgili biyosinyallerin zaman ve frekans bölgelerinden elde edilmiştir. En başarılı 5'er makine öğrenmesi modeli incelenmiş ve erken epilepsi nöbet tahmini ortalama ve medyan süreleri dakika cinsinden rapor edilmiştir. Epileptik nöbetlerin EEG verisi ile elde edilen makine öğrenmesi modelleri ile en yüksek başarı, %90,3 doğruluk oranı ile Efficient Linear SVM modeli tarafından elde edilmiştir. Bu model aynı zamanda %87 duyarlılık, %92 özgüllük ile epileptik nöbet öncesi dönemleri yüksek isabet oranıyla tespit etmiştir. Nöbetten ortalama 18,5 dakika önce uyarı vermektedir. EKG ile gerçekleştirilen sınıflandırma deneylerinde ise en yüksek performans Lineer SVM modeli ile elde edilmiştir (Doğruluk %85,2, Duyarlılık %81, Özgüllük %88). Ayrıca bu model, nöbetten ortalama 14,8 dakika önce epileptik dönemi tahmin edebilmiştir. Derin öğrenme kısmında ise evrişimsel sinir ağları tercih edilmiştir. Bu kapsamda literatürde yaygın kullanılan mimariler ile epileptik nöbet tahmini algoritmaları tamamlanmıştır. Sinyallere ait epok bazlı spektogram görüntüleri 2 boyutlu mimarilere entegre edilmiştir. Bu kapsamda kullanılan mimariler; Resnet-18, MobileNetV2 ve EfficientNet-b0 mimarileridir. Buna ek olarak 1 boyutlu direkt zaman

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

sinyali kapsamında Resnet-1D, MobileNet-1D ve InceptionTime mimarileri kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde ise EEG sinyalleriyle eğitilen derin öğrenme modelleri EKG modellerinden daha yüksek başarılı sonuçlar verdiğine ulaşılmıştır. En yüksek doğruluk oranı, %95,4 ile ResNet-18 (2D) mimarisi tarafından EEG spektogramları ile elde edilmiştir. 1 boyutlu zaman serisi mimarileri arasında ise en yüksek doğruluk, %93,8 ile ResNet-1D ile tekrar EEG ile elde edilmiştir. Erken tahmin süreleri incelendiğinde, 2 boyutlu modellerin 10,5 – 9,0 dakika, 1 boyutlu modellerin ise 9,2–8,6 dakika arasında değişen medyan tahmin süresi sağladığı görülmektedir. Bu süreler, epileptik nöbetten önce müdahale şansı tanıyabilecek düzeyde yeterlidir. Derin öğrenme algoritmalarının erken epilepsi tahmin sürelerinin makine öğrenmesine göre daha kısa olmasının sebebinin daha temkinli ve doğru tahmin yapma amacıyla meydana geldiği öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Epilepsi nöbet tahmini, Elektroansefalografi, Elektrokardiyografi, Makine öğrenmesi, Derin öğrenme, Yapay zeka, Evrişimsel sinir ağları

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

VIRTUAL BIOLOGY LABORATORY FOR ENHANCED STUDENT LEARNING

Dr. Nurul Huda, Dr. Amirul Faizal
Affiliation: Department of Biology Education, University of Kuala Lumpur, Malaysia

Abstract
Virtual biology laboratories offer a transformative approach to learning, enhancing student engagement and understanding through immersive digital environments. This study investigates the effectiveness of virtual laboratories in secondary biology education, emphasizing their ability to simulate real-life experiments safely and cost-effectively. By enabling repetitive practice and instant feedback, virtual labs help students develop critical scientific skills and foster deeper conceptual comprehension. The research highlights challenges such as technological access and teacher preparedness, recommending targeted training programs for educators to maximize pedagogical benefits. Findings suggest that virtual labs contribute significantly to improved academic performance and student motivation, bridging the gap between theoretical knowledge and practical application, especially where physical lab resources are limited. Such innovations are crucial for adapting science education to evolving digital landscapes and preparing learners for future STEM careers.

Keywords: virtual laboratories, biology education, student engagement, digital learning

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INTEGRATING ONLINE LABORATORIES INTO SECONDARY BIOLOGY EDUCATION IN KAZAKHSTAN

Ayan Mukhtar, Zhanar Bektemir, Dinara Sadykova
Affiliation: Faculty of Education, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Abstract
The integration of online laboratories into Kazakhstan's secondary biology curriculum offers substantial educational benefits, addressing constraints related to laboratory access and practical training. This paper evaluates implementation strategies and educational outcomes of online lab usage among high school students. It discusses infrastructural requisites, educator readiness, and curriculum alignment necessary to foster interactive and experiential learning. Online labs facilitate flexible schedules and diversified learning methods, effectively enhancing student scientific literacy and inquiry skills. The study underscores the importance of government support and digital resources to expand accessibility and sustain e-learning initiatives. Recommendations include continuous teacher development and student-centered pedagogies to optimize the potential of virtual labs in enriching secondary biology education and preparing students for competitive academic pursuits.

Keywords: online laboratories, secondary education, Kazakhstan, science pedagogy

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BIOLOGICALLY INSPIRED REACTIVE AGENT MODELING USING X-MACHINES

Dimitrios Papadopoulos, Elena Nikolaidis, Yannis Christodoulou
Affiliation: Department of Computer Science, University of Thessaloniki, Greece

Abstract
This research develops biologically inspired reactive agent models using X-machines to simulate complex biological interactions and behaviors. The approach leverages formal computational frameworks to represent biological processes, allowing detailed study of system dynamics and emergent properties. Validation through case studies illustrates the model's robustness in simulating cellular activities and adaptive responses. The methodology bridges computational biology and artificial intelligence, enhancing predictive capabilities and experimental design. Results demonstrate significant improvements in modeling accuracy and scalability compared to traditional agent-based methods. The study suggests broader applications in bioinformatics, disease modeling, and synthetic biology, contributing valuable tools for both research and education in computational life sciences.

Keywords: X-machines, biologically inspired modeling, reactive agents, computational biology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

CRYPTOGENIC FRESHWATER FISH BIODIVERSITY IN BANGLADESH

Dr. Md. Hasan, Dr. Kamal Uddin, Md. Tarek Hossain
Affiliation: Department of Zoology, University of Dhaka, Bangladesh

Abstract
The cryptogenic freshwater fish biodiversity of Bangladesh reflects complex historical and ecological factors influencing species distribution and conservation status. This study employs molecular and morphological analyses to identify species diversity, explore biogeographic patterns, and assess anthropogenic impacts on native fish populations. Results reveal previously unrecorded species and highlight critical habitats necessitating urgent protection. The research underscores the value of integrative taxonomy in fisheries management and biodiversity conservation. It advocates for sustainable practices and policy frameworks to mitigate habitat degradation and overexploitation, fostering preservation of Bangladesh's unique aquatic ecosystems. The findings also provide baseline data for ecological monitoring and environmental education initiatives aimed at community engagement in biodiversity stewardship.

Keywords: freshwater fish, biodiversity, Bangladesh, conservation biology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

UNIFIED MODELS IN GENOME REARRANGEMENT AND SORTING PRIMITIVES IN BIOINFORMATICS

Dr. Anil Kumar, Assis. Prof. Dr. Priya Sharma, Rohit Singh
Affiliation: Department of Bioinformatics, Indian Institute of Technology, Delhi, India

Abstract
Genome rearrangement plays a pivotal role in evolutionary biology and comparative genomics. This paper introduces unified computational models for analyzing genome rearrangement events and sorting primitives, enhancing algorithmic efficiency and biological accuracy. Incorporating both classical and novel metrics, these models facilitate the identification of evolutionary scenarios and genetic relationships among species. Applications demonstrate the models' capacity to handle large-scale data and complex genomic structures, improving annotations and phylogenetic inference. The study contributes to advancing bioinformatics tools critical for decoding genomic architecture and understanding molecular evolution, ultimately aiding medical research and genetic engineering.

Keywords: genome rearrangement, bioinformatics, sorting algorithms, molecular evolution

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MOLECULAR IDENTIFICATION AND DIVERSITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PESTS USING DNA BARCODING

Dr. Saud Al-Mutairi, Faisal Al-Qahtani, Assoc. Prof. Dr. Noura Al-Harbi
Affiliation: Department of Agricultural Sciences, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract
DNA barcoding offers a precise molecular approach for identifying agricultural pest species and assessing genetic diversity, crucial for effective pest management and crop protection. This study evaluates the genetic variability of major pests affecting key crops, employing mitochondrial gene markers for species discrimination. The results reveal cryptic species complexes and provide insights into pest population structure and dispersal patterns. The application of DNA barcoding supports rapid diagnostics and informs integrated pest management strategies, reducing reliance on chemical pesticides and enhancing sustainable agriculture. The research advocates for broader adoption of molecular tools in agricultural biosecurity and biodiversity conservation.

Keywords: DNA barcoding, agricultural pests, genetic diversity, pest management

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ADVANCED MICROFLUIDIC TECHNIQUES FOR BIOMEDICAL AND BIOHEALTH APPLICATIONS

Dr. Zahra Roudsari, Dr. Nima Etemad
Affiliation: Department of Biomedical Engineering, Sharif University of Technology, Iran

Abstract
Microfluidics technology has revolutionized biomedical research by enabling precise manipulation of fluids at microscale, facilitating innovative diagnostic and therapeutic applications. This review highlights recent advances in microfluidic device design and fabrication tailored for biohealth applications, such as point-of-care diagnostics, drug delivery, and tissue engineering. Enhanced sensitivity, reduced sample volume, and integration capabilities characterize these systems, promoting personalized medicine. The article discusses challenges including device standardization and scalability, proposing interdisciplinary strategies to accelerate clinical translation. By synthesizing current trends and future directions, the work aims to guide researchers and industry towards optimizing microfluidic platforms for healthcare innovations.

Keywords: microfluidics, biomedical engineering, diagnostics, biohealth

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ELITE SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT STRATEGIES: INTEGRATING GREEN SPACES AND SMART INFRASTRUCTURE

Assoc. Prof. Dr. Matteo Ricci, Hana Kim, Prof. Dr. Samuel Osei
Department of Urban Planning, University of Milan, Italy

Abstract

This paper explores elite sustainable urban development strategies that integrate green spaces with smart infrastructure to enhance city livability and environmental resilience. It emphasizes the role of urban green spaces in mitigating climate change impacts, improving air quality, and promoting social well-being. The research examines how advanced technologies such as IoT, sensor networks, and data analytics optimize the management and maintenance of green urban areas. Through case studies from multiple smart cities, the analysis highlights best practices in combining ecological benefits with infrastructural innovation. The study addresses challenges including funding, governance, and equitable access to green spaces. It proposes solutions for fostering sustainable urban ecosystems that support biodiversity and social inclusion while leveraging smart city technologies. The integration of green spaces and smart infrastructure is presented as essential for sustainable urban futures, addressing environmental, social, and economic dimensions. This multidisciplinary approach lays a foundation for innovative urban policy making that responds to the complexities of rapid urbanization and climate change.

Keywords: sustainable urban development, green spaces, smart infrastructure, climate resilience, smart cities

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

REVITALIZING HISTORIC CITY CENTERS THROUGH CONTEMPORARY LANDSCAPE DESIGN AND COMMUNITY ENGAGEMENT

Tomasz Kowalski, Amina Diallo
Department of Landscape Architecture, University of Warsaw, Poland

Abstract

This research focuses on the revitalization of historic city centers through innovative landscape design integrated with active community engagement. It discusses how the preservation of historical features coupled with contemporary design can foster vibrant public spaces that meet current social and environmental needs. The study employs participatory planning processes, involving local residents and stakeholders in decision-making to ensure culturally sensitive and inclusive urban regeneration. It highlights successful projects that balance heritage conservation, ecological enhancement, and socioeconomic revitalization. By combining placemaking with sustainable design principles, revitalized historic districts contribute to urban resilience and identity. The research also investigates tools and methodologies for effective community involvement and adaptive reuse of historical sites. Conclusions point to landscape architecture's crucial role in bridging past and present, promoting sustainable urban regeneration that respects heritage while accommodating growth.

Keywords: historic city centers, landscape design, community engagement, urban revitalization, cultural heritage

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN MODERN ARCHITECTURE FOR ENERGY EFFICIENCY

Dr. Isabella Fernandes, Assoc. Prof. Dr. Ahmed Al-Mansouri
Department of Architecture, University of Lisbon, Portugal

Abstract

This paper analyzes the development and application of advanced materials and technologies in modern architecture aimed at enhancing energy efficiency. It reviews innovations such as smart glass, nanomaterials, phase-change materials, and integrated renewable energy systems that reduce building energy demand and carbon footprint. The study assesses the performance of these technologies through simulations, case studies, and experimental evaluations. Emphasis is placed on their integration with sustainable architectural design principles, including natural ventilation, daylight optimization, and insulation. The research also explores challenges linked to cost, material durability, and adaptability to diverse climatic conditions. It argues that adopting advanced materials is vital for meeting global energy reduction targets and promoting greener built environments. The paper concludes by recommending strategies for architects, engineers, and policymakers to accelerate technology adoption and foster energy-conscious construction practices worldwide.

Keywords: advanced materials, energy efficiency, sustainable architecture, green technologies, renewable energy

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BIODIVERSITY-FOCUSED URBAN PARK DESIGN: PROMOTING ECOLOGICAL CORRIDORS AND HABITAT RESTORATION

Prof. Dr. Juan Carlos Ramirez, Prof. Dr. Fatima Noor
Department of Urban Transportation, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Abstract

This study explores urban park designs centered around biodiversity conservation, aiming to promote ecological corridors and habitat restoration within metropolitan areas. It addresses how urban green spaces can serve as critical habitats and connectivity pathways for wildlife, contributing to urban ecosystem health and resilience. The research synthesizes ecological theories, landscape ecology, and urban planning to offer innovative design guidelines that balance human recreation with ecological integrity. Case studies from various cities demonstrate successful interventions restoring native flora and fauna while enhancing ecosystem services such as air purification and temperature regulation. The paper also discusses challenges, including invasive species management, public awareness, and funding constraints. Recommendations emphasize collaborative approaches integrating ecological science, community participation, and policy support to create multifunctional urban parks that sustain biodiversity and improve residents' quality of life.

Keywords: biodiversity, urban parks, ecological corridors, habitat restoration, ecosystem services

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SMART MOBILITY AND INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING IN FUTURE CITIES

Dr. Lars Svensson, Mei Ling Zhao
Department of Urban Transportation, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Abstract

This paper investigates the role of smart mobility and integrated transportation planning in developing future cities that are sustainable, efficient, and accessible. It examines innovative technologies such as autonomous vehicles, real-time traffic monitoring, and multi-modal networks that improve mobility while reducing environmental impacts. The study assesses how data-driven planning and user-centered design enable seamless integration of various transportation modes, including public transit, cycling, and walking. The paper highlights pilot projects and best practices demonstrating the reduction of congestion, emissions, and energy consumption through smart mobility solutions. It explores policy frameworks and technological challenges impeding widespread adoption. The research advocates for coordinated urban planning that aligns transportation with land use, economic development, and social equity goals. Smart mobility is presented as a key enabler of sustainable, livable future urban environments.

Keywords: smart mobility, transportation planning, future cities, sustainable transport, integrated networks

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLIMATE CHANGE: RESILIENT STRUCTURES AND FLOOD MANAGEMENT STRATEGIES

Assoc. Prof. Dr. Olga Ivanova, Dr. Rafael Martinez, lec. Noura Al-Faraj
Department of Architecture and Urban Planning, Moscow State University, Russia

Abstract

This paper addresses architectural and urban planning strategies to develop resilient structures capable of withstanding climate change impacts, with a particular focus on flood management. It reviews design principles for flood-resistant buildings, including elevation, water-resistant materials, and adaptive landscaping. The study also evaluates urban drainage systems, green infrastructure, and zoning policies that mitigate flood risks in vulnerable areas. Case studies from flood-prone cities illustrate successful integration of architectural resilience with urban planning. The research discusses the importance of interdisciplinary approaches combining engineering, ecology, and community engagement. It highlights challenges such as financing, retrofitting existing infrastructure, and climate uncertainty. The paper concludes by advocating for proactive, adaptable design and policy frameworks that enhance urban resilience to increasingly frequent climate-related hazards.

Keywords: architectural resilience, climate change, flood management, urban planning, adaptive design

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

CULTURAL LANDSCAPES AND URBAN IDENTITY: PRESERVATION, ADAPTATION, AND COMMUNITY PARTICIPATION

Anika Schreiber, Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi
Department of Architecture and Urban Planning, Moscow State University, Russia

Abstract

This study examines the role of cultural landscapes in shaping urban identity through preservation, adaptation, and community participation. It investigates how cities maintain their unique cultural heritage while accommodating growth and change. The research emphasizes participatory planning that involves local communities in decision-making processes to ensure inclusive and context-sensitive urban development. It explores adaptive reuse of historical sites, integration of traditional knowledge, and the use of cultural narratives to strengthen community bonds. Case studies highlight successful projects balancing heritage conservation with contemporary urban needs. The paper argues that cultural landscapes contribute significantly to residents' sense of belonging and urban resilience. It concludes by recommending collaborative governance models to foster sustainable cultural heritage management that supports urban innovation and social cohesion.

Keywords: cultural landscapes, urban identity, preservation, community participation, adaptive reuse

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

OPTIMIZING RESOURCE ALLOCATION IN DYNAMIC NETWORKS USING HEURISTIC METHODS

Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilev, Pavel Korolenko, Dr. Matteo Ricci
Department of Computer Science, Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract

Dynamic networks, such as mobile ad hoc networks, wireless sensor systems, and distributed computing environments, require adaptive resource allocation strategies to handle fluctuating topologies and uncertain data traffic. Traditional optimization techniques often fail to deliver satisfactory results in real-time due to computational complexity and the stochastic nature of network conditions. This study presents an integrated heuristic framework for optimizing resource allocation in dynamic networks using hybrid metaheuristic algorithms that combine genetic algorithms, simulated annealing, and particle swarm optimization. The proposed model dynamically adjusts to environmental changes by analyzing network feedback in real time and reconfiguring resource distribution among nodes. Simulation results conducted across multiple network scenarios demonstrate that the hybrid heuristic method improves resource utilization efficiency by 18–27% compared to baseline algorithms, while reducing packet loss and transmission delay. Furthermore, the model shows strong scalability, allowing it to be applied to heterogeneous network environments. Sensitivity analysis indicates that the adaptive weighting of heuristic parameters significantly enhances robustness against topology variations. The research highlights the potential of heuristic methods as powerful tools for managing dynamic, uncertain, and large-scale network infrastructures. Future work includes integrating deep reinforcement learning to further improve decision-making efficiency and extend applicability to 5G and IoT-based architectures.

Keywords: heuristic optimization, dynamic networks, resource allocation, adaptive algorithms

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DEEP LEARNING-DRIVEN ANALYSIS FOR EARLY DETECTION OF CROP STRESS

Lec. Amina Koulibaly, Dr. Jonathan Reese
Department of Agricultural Engineering, University of Ghana, Accra, Ghana

Abstract

The early detection of crop stress is crucial for improving agricultural productivity and ensuring food security. Conventional methods, which rely on manual inspection and spectral indices, often fail to detect subtle physiological changes in plants before significant yield losses occur. This paper proposes a deep learning-driven framework that employs convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs) to analyze multispectral and thermal imagery for early identification of crop stress factors such as water deficiency, nutrient imbalance, and pest infestation. The model processes high-resolution images obtained from UAVs and ground-based sensors, extracting temporal-spatial features that capture micro-level changes in leaf color, texture, and canopy temperature. Experimental results on maize and soybean crops across three growing seasons show that the proposed system achieves 94.3% accuracy in distinguishing between stressed and healthy plants—significantly outperforming classical machine learning approaches. Furthermore, the system demonstrates strong generalizability across different climatic zones. The integration of explainable AI techniques allows for visual interpretation of model outputs, supporting agronomists in targeted decision-making. This research contributes to precision agriculture by enhancing predictive monitoring and enabling proactive crop management strategies.

Keywords: deep learning, crop stress detection, precision agriculture, CNN-RNN analysis

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INTELLIGENT DECISION-MAKING IN ORGANIZATIONAL STRATEGIES USING FUZZY LOGIC

Assis. Prof. Dr. Laura Jensen, Thomas Gruber, Sebastian Meyer
Department of Management Science, University of Vienna, Vienna, Austria

Abstract

Decision-making in organizational contexts often involves uncertainty, ambiguity, and incomplete information. Traditional quantitative models, which assume precise data inputs, are limited in their ability to handle the inherent fuzziness of strategic environments. This research introduces a fuzzy logic-based decision-making framework for optimizing organizational strategies under uncertain conditions. The model incorporates linguistic variables and membership functions to quantify qualitative factors such as employee satisfaction, innovation potential, and market adaptability. Using a multi-criteria decision-making (MCDM) approach, the system evaluates strategic alternatives and assigns fuzzy weights based on expert input. A case study of three multinational firms demonstrates the framework's capacity to support balanced strategic decisions that integrate human judgment and computational analysis. Results show that fuzzy inference systems outperform conventional decision trees in adaptability and stakeholder satisfaction by 23%. The research also presents a hybrid fuzzy-AHP model that enhances transparency and consistency in long-term strategic planning. This approach is especially effective for industries undergoing digital transformation, where uncertainty is a dominant factor.

Keywords: fuzzy logic, organizational strategy, decision-making, uncertainty management

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ADAPTIVE STOCHASTIC GRADIENT METHODS FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION

Assoc. Prof. Dr. Emil Dubois, Jae-Hyun Lee
Department of Computational Mathematics, Korea University, Seoul, South Korea

Abstract

Non-convex optimization plays a critical role in modern machine learning, deep learning, and data-driven modeling. However, traditional stochastic gradient descent (SGD) methods often converge to suboptimal points when facing highly non-linear loss landscapes. This paper proposes an adaptive stochastic gradient framework that integrates momentum correction, variance reduction, and learning-rate adaptation to improve convergence performance in non-convex optimization problems. The proposed method, termed Adaptive-SGD++, utilizes dynamic variance scaling to stabilize gradient updates and avoid premature convergence. Experimental validation on benchmark datasets, including CIFAR-10 and ImageNet, demonstrates a 32% improvement in training speed and a 15% reduction in generalization error compared to Adam and RMSprop. Theoretical analysis proves convergence guarantees under mild smoothness assumptions. Additionally, we explore the method's robustness against saddle points through Hessian-based diagnostics. The study provides a generalized understanding of adaptive optimization behavior in complex learning systems, with implications for large-scale neural network training and scientific computation.

Keywords: non-convex optimization, stochastic gradient descent, adaptive learning rate, deep learning

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

COSMIC INFLATION AND THE ROLE OF QUANTUM VACUUM FLUCTUATIONS

Lec. Amir Rahimi
Department of Physics, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract
Cosmic inflation, the rapid exponential expansion of the early universe, remains one of the most significant phenomena in cosmology, explaining the observed large-scale homogeneity and flatness of the universe. This study revisits the role of quantum vacuum fluctuations as the seeds of cosmic structure formation. Using recent cosmological observations from Planck and BICEP2, we analyze inflationary models incorporating scalar field dynamics and quantum perturbation spectra. The research investigates how microscopic quantum fluctuations evolved into macroscopic density variations, leading to galaxy formation. The results indicate that the amplitude of vacuum fluctuations is strongly influenced by the potential shape of the inflaton field. Numerical simulations suggest that models with sub-Planckian field values provide consistent predictions with observed power spectra and tensor-to-scalar ratios. Additionally, the study discusses the implications of vacuum energy decay and reheating processes following inflation. By linking quantum field theory with cosmological data, this work deepens our understanding of the early universe's quantum foundations and opens directions for exploring new inflationary potentials compatible with dark energy dynamics.

Keywords: cosmic inflation, quantum vacuum, scalar fields, cosmology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EXTENDED RÉNYI ENTROPY AND APPLICATIONS IN COMPLEX SYSTEMS

Assis. Prof. Dr. Carla M. Silva, Dr. José F. Romero, Miguel A. Torres, Ana L. Hernández
Department of Applied Mathematics, University of Lisbon, Lisbon, Portugal

Abstract
Entropy-based measures are fundamental in analyzing the complexity and uncertainty of physical, biological, and informational systems. This paper explores an extended formulation of Rényi entropy and its applications in modeling nonlinear dynamics and complex adaptive systems. By generalizing the standard Rényi framework through a non-extensive parameterization, the proposed model captures higher-order dependencies and long-range interactions often neglected in classical statistical mechanics. Analytical derivations reveal that the extended entropy satisfies generalized additivity and stability conditions. Case studies across ecological networks, traffic flow dynamics, and financial volatility demonstrate the model's capacity to characterize emergent behaviors and multifractal structures. The results confirm that extended Rényi entropy provides more accurate representations of real-world system irregularities compared to Shannon and Tsallis formulations. Furthermore, the research highlights potential applications in information theory, quantum computation, and neural data analysis, where complexity quantification plays a pivotal role. The study concludes by proposing a new entropy-based metric for resilience evaluation in coupled networks.

Keywords: Rényi entropy, complex systems, nonlinearity, information theory

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EXACT ANALYTICAL SOLUTION OF THIRD ORDER NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

Assoc. Prof. Dr. Farid Alimov
Department of Theoretical Physics, National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract
Nonlinear differential equations of higher order are critical for describing numerous phenomena in physics, engineering, and mathematical biology. This study presents exact analytical solutions for a class of third-order nonlinear differential equations with variable coefficients using the extended homogeneous balance method. The derived solutions are expressed in closed forms, revealing wave-like, solitary, and periodic behaviors under specific parameter conditions. The methodology combines symbolic computation with Lie symmetry analysis to simplify the governing equations and extract invariant solutions. Validation against numerical simulations confirms excellent agreement between analytical and computational results. The findings demonstrate that the approach can efficiently handle complex systems such as plasma oscillations, fluid dynamics, and nonlinear optics. Furthermore, the study establishes a systematic procedure for constructing solvable models by transforming nonlinear PDEs into canonical ODEs. This framework provides a unified tool for researchers investigating nonlinear evolution processes across scientific disciplines.

Keywords: nonlinear differential equations, analytical solution, Lie symmetry, mathematical modeling

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

APPLICATION OF MULTIVARIATE REGRESSION MODELS FOR ECONOMIC TREND PREDICTION: ANALYZING THE IMPACT OF ENERGY PRICES, NATIONAL OUTPUT, AND GDP GROWTH

Dr. Ravi K. Menon, Assoc. Prof. Dr. Leila Hassan, Aria Feroz
Department of Economics, University of Karachi, Karachi, Pakistan

Abstract

Forecasting economic trends is a vital component of national planning and global market stability. This paper investigates the application of multivariate regression models in predicting economic growth patterns, focusing on the influence of energy prices, national output, and GDP growth. The proposed analytical framework employs both linear and polynomial regression models to capture nonlinear relationships among macroeconomic variables. Using data from 1990 to 2024 across ten emerging economies, the study identifies statistically significant correlations between energy price volatility and GDP fluctuations. The multivariate model demonstrates superior predictive accuracy, achieving an R^2 value of 0.91 compared to 0.74 for univariate counterparts. The paper also explores how structural changes in energy policy and industrial productivity affect regression coefficients over time. Sensitivity analysis confirms the robustness of the model against inflationary shocks and exchange rate variations. The results suggest that incorporating multivariate interdependencies enhances the predictive reliability of macroeconomic forecasting tools. These findings can guide policymakers in formulating data-driven strategies for sustainable economic growth and energy management.

Keywords: multivariate regression, economic forecasting, energy prices, GDP growth

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DIFFERENTIATION OF GENE EXPRESSION PROFILES IN LIVER AND KIDNEY TISSUES OF PIGS

Assoc. Pro. Dr. Sergey Sokolova
Department of Molecular Biology, National University of Science, Russia

Abstract

This study explores the differential gene expression profiles in liver and kidney tissues of pigs, aiming to understand tissue-specific regulation at the molecular level. Using high-throughput RNA sequencing, distinct expression patterns were identified, revealing tissue-dependent gene activity linked to metabolic and detoxification processes. The liver samples exhibited heightened expression of genes associated with xenobiotic metabolism and lipid processing, emphasizing its critical role in biochemical homeostasis. In contrast, the kidney samples showed elevated expression of genes involved in ion transport and filtration functions, highlighting the organ's role in fluid and electrolyte balance. Further analysis suggested the involvement of specific transcription factors modulating these tissue-specific gene networks. These findings provide comprehensive insights into pig tissue biology, offering potential applications in livestock breeding and biomedical research. Understanding these molecular differences not only advances the field of comparative physiology but also supports the development of targeted therapies and interventions for organ-specific diseases.

Keywords: gene expression, liver, kidney, pigs, tissue specificity

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DECISION TREES FOR PREDICTING RISK OF MORTALITY USING ROUTINELY COLLECTED DATA

Dr. Emily Carter, Dr. James Walker, Dr. Michael Thompson
Faculty of Environmental Sciences, University of Belgrade, Serbia

Abstract

Predicting patient mortality risk is fundamental for improving clinical decision-making and resource allocation. This research employs decision tree algorithms on routinely collected healthcare data to develop robust predictive models for mortality risk assessment. Data obtained from electronic health records including demographic, clinical, and laboratory variables were analyzed. The decision tree models effectively stratified patients into risk categories, revealing critical predictors including age, comorbidities, and vital sign abnormalities. The models were validated using cross-validation techniques, demonstrating high accuracy, sensitivity, and specificity. Importantly, decision trees offered easily interpretable rules for clinical use. This approach enables proactive patient management by identifying high-risk individuals early, facilitating targeted interventions. The study underscores the utility of machine learning techniques in improving healthcare outcomes and supports integration of predictive analytics into clinical workflows. Future research should examine real-time model updating and validation across diverse populations.

Keywords: decision trees, mortality prediction, machine learning, healthcare data

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SELENIUM LEVELS IN AGRICULTURAL SOILS AND CROPS OF THE BALKAN REGION

Mila Stefanovic, Dragan Kovacevic
Faculty of Environmental Sciences, University of Belgrade, Serbia

Abstract

This study investigates selenium concentrations in agricultural soils and staple crops across the Balkan region, assessing potential impacts on human nutrition and environmental health. Soil and crop samples were collected from multiple sites representing diverse climatic and geological conditions. Analytical quantification via atomic absorption spectrometry revealed varied selenium levels, with significant spatial heterogeneity influenced by soil type and anthropogenic inputs. Certain areas demonstrated deficiencies potentially leading to health risks due to inadequate dietary selenium. Crops including wheat and maize exhibited selenium content correlated with soil concentrations, emphasizing bioavailability challenges. The findings highlight the need for region-specific agricultural management practices to enhance selenium intake through food, ensuring population health. Moreover, continuous monitoring is essential to balance adequate selenium supply while preventing toxicity, reflecting the delicate nature of micronutrient cycling in agroecosystems.

Keywords: selenium, soil, crops, Balkans, micronutrients

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION

Dr. Neda Karimi, Assoc. Prof. Dr. Pardis Mousavi
Department of Cancer Biology, Tehran Medical University, Iran

Abstract

Breast cancer progression involves a multifaceted interplay of genetic and epigenetic alterations, with microRNAs (miRNAs) playing pivotal regulatory roles. This study models the intricate interactions between miRNA dysregulation and tumor development using computational and experimental frameworks. Data integration from breast cancer patient samples and cell lines identified key miRNAs exhibiting aberrant expression patterns linked to oncogenic pathways. Network models revealed how these miRNAs influence gene targets involved in cell proliferation, apoptosis, and metastasis. Functional assays corroborated model predictions, demonstrating that modulation of specific miRNAs alters cancer cell behavior. This research provides deeper insights into breast cancer biology and identifies promising miRNA candidates for diagnostic and therapeutic development. Understanding miRNA networks offers potential for personalized medicine approaches, improving outcomes through targeted interventions.

Keywords: miRNA, breast cancer, gene regulation, tumor progression

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MODELING THE COMPLEX RELATIONSHIP BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION

Dr. Olufemi Adewale, Dr. Chinedu Okoro
Faculty of Biomedical Sciences, University of Lagos, Nigeria

Abstract

The progression of breast cancer is intricately driven by dysregulated microRNAs that modulate diverse signaling pathways governing cell fate. This study employs systems biology approaches to model miRNA-gene regulatory networks implicated in breast cancer. Computational analyses of patient-derived datasets facilitated the identification of dysregulated miRNAs targeting critical oncogenes and tumor suppressors. Simulated perturbations illustrated the dynamic influence of miRNA expression changes on cancer cell proliferation and metastasis. Experimental validation using breast cancer cell cultures confirmed the regulatory roles of highlighted miRNAs. The comprehensive model underscores the significance of miRNA-mediated control in cancer biology and the therapeutic potential of targeting these molecules. The findings pave the way for enhanced biomarker discovery and novel treatment modalities tailored to miRNA profiles.

Keywords: breast cancer, miRNA, regulatory networks, systems biology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

PRELIMINARY ANALYSIS OF REAL-TIME HAND MOVEMENT RECOGNITION FOR UPPER-LIMB PROSTHETICS BASED ON ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS

Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Takeda, Assist. Prof. Dr. Maria Gonzalez, Lec. Ahmed El-Sayed, Dr. Jonathan Clarke
Department of Biomedical Engineering, Kyoto Institute of Technology, Japan

Abstract
Effective control of upper-limb prosthetics relies heavily on accurate real-time interpretation of electromyographic (EMG) signals corresponding to hand movements. This study presents a preliminary analysis of a system designed to recognize distinct hand motions by analyzing EMG data from residual limb muscles. Multiple feature extraction techniques and classification algorithms were evaluated to optimize recognition accuracy. The system demonstrated promising results in distinguishing standard hand gestures, with potential applicability in improving prosthetic functionality and user experience. Limitations and challenges such as signal variability and computational latency are discussed, highlighting future directions for refinement. This research contributes to the advancement of neuroengineering interfaces that restore dexterity and autonomy to amputees.

Keywords: electromyography, prosthetics, hand movement, signal processing

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ADVANCED SIMULATION PLATFORM FOR MEDICAL IMAGE FUSION AND LEARNING

Assoc. Prof. Dr. Beatriz Oliveira, Assis. Prof. Dr. Inês Soares, Miguel A. Duarte
Institute of Computational Medicine, University of Lisbon, Portugal

Abstract

Recent advancements in medical imaging have emphasized the integration of multi-modal data to enhance diagnostic accuracy and treatment planning. This work introduces an advanced simulation platform that facilitates the fusion of diverse medical images through machine learning techniques. The platform supports the incorporation of MRI, CT, and PET data, enabling robust image registration and enhanced visualization. Machine learning models assist in feature extraction and anomaly detection, improving clinical decision support. Validation using clinical datasets demonstrated improved diagnostic clarity and segmentation performance. This platform holds significant potential for personalized medicine by providing clinicians with comprehensive imaging insights. Future work will extend the platform's capabilities to real-time applications and broader disease spectra.

Keywords: medical imaging, image fusion, machine learning, simulation

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THE EFFECT OF PROBIOTIC ENRICHMENT ON FERMENTED BEVERAGE MICROBIOLOGY

Layla Haddad, Dr. Karim Saab, Nour El-Hayek
Department of Food Science, American University of Beirut, Lebanon

Abstract

This study investigates the impact of probiotic enrichment on the microbiological properties and health benefits of various fermented beverages. Probiotics, known for their positive effects on gut health, are increasingly incorporated into traditional fermentation processes to enhance functional qualities. The research examines microbial viability, fermentation kinetics, and biochemical changes associated with probiotic addition through controlled lab experiments and microbial assays. Findings reveal that probiotic strains significantly improve the microbial diversity and antioxidant potential of fermented beverages while maintaining sensory acceptability. The study also assesses the survivability of probiotics during storage and digestion simulations. Results highlight challenges related to maintaining strain viability and balancing taste profiles, which are critical for consumer acceptance. The paper concludes with practical implications for industry adoption, emphasizing the suitability of probiotic-enriched beverages as functional foods capable of contributing to health promotion. This work contributes to expanding the understanding of probiotic applications within the beverage sector, aligning food technology with nutritional science.

Keywords: probiotics, fermented beverages, microbiology, functional foods, microbial viability

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ADVANCEMENTS IN NON-THERMAL FOOD PRESERVATION TECHNOLOGIES

Assoc. Prof. Dr. Yasmine Bensalem, Omar Aloui, Hocine Charef
Department of Food Engineering, University of Algiers, Algeria

Abstract

This paper reviews recent advancements in non-thermal food preservation technologies, focusing on methods that extend shelf life while preserving nutritional and sensory qualities. Technologies such as high-pressure processing, pulsed electric fields, and cold plasma offer alternatives to traditional heat treatments that often degrade food quality. The study synthesizes findings from recent research on the effectiveness of these methods in controlling microbial contamination, enzyme activity, and food spoilage. It highlights applications in various food matrices including dairy, fruits, and meats. The paper discusses challenges regarding equipment cost, scalability, and regulatory approvals, underscoring the need for multidisciplinary collaboration to optimize these technologies. Practical implications for the food industry, consumer acceptance, and potential health benefits are explored. Concluding remarks emphasize ongoing innovation to balance food safety with quality, supporting global efforts to reduce food waste and improve nutrition.

Keywords: non-thermal preservation, high-pressure processing, food safety, shelf life, food quality

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SUSTAINABLE SOURCING AND PROCESSING OF SEAFOOD PRODUCTS FOR GLOBAL MARKETS

Mary Grace Santos, Bianca Cruz, Assoc. Prof. Dr. Miguel Reyes
Department of Marine Sciences, University of the Philippines, Philippines

Abstract

This study explores sustainable practices in sourcing and processing seafood products aimed at meeting global market demands with minimal ecological impact. It evaluates current sustainability benchmarks, certification programs, and innovative processing techniques designed to reduce waste and improve product traceability and quality. The research involves case studies of fisheries and seafood processors, addressing challenges such as overfishing, bycatch reduction, and resource management. The paper examines technology-driven solutions for eco-friendly preservation and packaging, while considering socio-economic impacts on fishing communities. Results demonstrate the growing consumer preference for sustainably sourced seafood and the economic benefits of adopting responsible practices. The research argues for integrated approaches combining policy, education, and technology to ensure sustainability and competitiveness in international seafood markets.

Keywords: sustainability, seafood processing, global markets, resource management, ecological impact

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INFLUENCE OF PLANT EXTRACTS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS

Prof. Dr. Rania Kassem
Department of Food Science and Technology, Cairo University, Egypt

Abstract

This paper investigates the effects of incorporating various plant extracts on the physicochemical properties and shelf life of bakery products. Plant extracts with antioxidant, antimicrobial, and flavor-enhancing properties are evaluated for their potential as natural additives to improve product quality and consumer appeal. The study analyzes changes in texture, moisture content, pH, and sensory attributes after the addition of selected botanical extracts in bread and pastry formulations. Microbial stability tests assess the extracts' preservative efficacy in extending shelf life. Findings indicate that certain plant extracts significantly enhance antioxidant capacity and retard spoilage without compromising flavor or texture. Challenges in optimizing extract concentrations and ensuring ingredient compatibility are discussed. The research contributes to the development of healthier, natural bakery items aligned with consumer trends and regulatory standards.

Keywords: plant extracts, bakery products, physicochemical properties, natural preservatives, antioxidants

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

APPLICATION OF BIOINFORMATICS IN FOOD ENGINEERING FOR FLAVOR PREDICTION

Dr. Kamran Shafiei
Department of Food Engineering, Sharif University of Technology, Iran

Abstract

This study explores the integration of bioinformatics tools in food engineering, focusing on predicting flavor profiles in food product development. Bioinformatics methods, including molecular modeling and data mining of chemical compounds, are applied to understand flavor compound interactions and sensory outcomes. By analyzing genetic and biochemical datasets, the research aims to optimize flavor formulation and enhance consumer satisfaction. Case studies demonstrate the use of computational algorithms to predict successful flavor combinations in beverages and processed foods. The paper discusses advantages such as reducing trial-and-error in product development and accelerating innovation. Limitations related to data quality and model complexity are addressed, calling for more interdisciplinary research. The findings support the potential of bioinformatics to revolutionize flavor design and personalization in the food industry.

Keywords: bioinformatics, flavor prediction, food engineering, molecular modeling, sensory analysis

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DEVELOPMENT OF LOW-CALORIE SWEETENERS WITH ENHANCED FUNCTIONALITY

Abdelkader Benyahia
Department of Food Science, University of Algiers, Algeria

Abstract

This research focuses on developing novel low-calorie sweeteners that combine reduced caloric content with enhanced functional properties such as sweetness intensity, stability, and health benefits. The study evaluates natural and synthetic sweeteners, including sugar alcohols and stevia derivatives, through physicochemical analyses and sensory evaluations. Functional enhancements address challenges in taste profile, solubility, and thermal stability for diverse food applications. Safety assessments and regulatory considerations are discussed to ensure consumer protection. The paper reports successful formulations that meet industry requirements for sweetness and technological performance while contributing to calorie reduction in sugar-containing products. The research supports health-oriented food innovation and provides guidelines for the commercial adoption of new sweeteners to combat obesity and metabolic disorders worldwide.

Keywords: low-calorie sweeteners, sugar substitutes, food innovation, functional properties, health benefits

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EFFECTS OF HIGH-PRESSURE PROCESSING ON VITAMIN AND MINERAL RETENTION IN FRUITS

Prof. Dr. Naveed Shah, Asif Iqbal
Department of Food Technology, University of Agriculture, Pakistan

Abstract

This study investigates the impact of high-pressure processing (HPP), a non-thermal preservation method, on the retention of vitamins and minerals in fresh fruits. HPP's ability to inactivate pathogens while preserving nutritional and sensory qualities is well recognized, yet its effects on micronutrients require detailed analysis. Experiments conducted on common fruits like strawberries, apples, and oranges reveal significant retention of vitamin C, folate, potassium, and calcium compared to conventional thermal treatments. The research discusses the implications for food shelf-life extension, nutritional value preservation, and consumer acceptance. Challenges related to processing parameters and cost efficiency are also examined. The study supports the application of HPP as a superior technique for fresh fruit preservation, contributing to enhanced public health and food security.

Keywords: high-pressure processing, vitamins, minerals, fruit preservation, nutrition

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INNOVATIVE FERMENTATION STRATEGIES FOR THE PRODUCTION OF VEGAN CHEESE

Sohail Ahmed, Fatima Noor, Assoc. Prof. Dr. Danish Malik, Elias Fares
Department of Food Biotechnology, University of Toronto, Canada

Abstract

This paper presents innovative fermentation techniques aimed at producing high-quality vegan cheese alternatives. The study evaluates the use of plant-based substrates combined with microbial cultures to replicate the textural, flavor, and nutritional attributes of traditional dairy cheeses. Various strains of lactic acid bacteria, yeasts, and molds are tested for their efficacy in flavor development and product safety. Analytical methods assess microbial growth, biochemical changes, and sensory acceptance. Results highlight the potential of fermentation to overcome challenges of plant-based cheese production, including mouthfeel and flavor complexity. The research offers insights into optimizing fermentation conditions for scalable production, addressing consumer demands for sustainable, allergen-free, and ethically-produced foods. Future directions include genetic engineering and enzymatic modifications to enhance product quality further.

Keywords: vegan cheese, fermentation, plant-based foods, microbial cultures, food biotechnology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN PREDICTIVE MODELS FOR HEALTHCARE DIAGNOSTICS

Assoc. Prof. Dr. Rustam Alimov
Dilnoza Karimova
Affiliation: Department of Computer Science, National University of Uzbekistan, Uzbekistan

Abstract
This paper explores the development and application of artificial intelligence (AI) driven predictive models in healthcare diagnostics. The study focuses on the integration of machine learning algorithms for early disease detection, diagnostic accuracy, and personalized treatment plans. Utilizing a dataset of patient records alongside advanced AI models such as neural networks and decision trees, the research demonstrates how predictive analytics can significantly improve healthcare outcomes. Challenges such as data privacy, model interpretability, and integration into clinical workflows are discussed. The results indicate that AI-enhanced diagnostic tools offer improved precision and reduced diagnostic times, which can lead to better patient management and resource allocation. The paper concludes by emphasizing the potential for AI to transform healthcare diagnostics globally while recommending strategies for addressing ethical and operational challenges.

Keywords: artificial intelligence, healthcare diagnostics, predictive models, machine learning, personalized medicine

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR REAL-TIME TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS

Prof. Dr. Talant Usubaliev
Meerim Sadykova
Assoc. Prof. Dr. Aibek Ergeshev
Department of Computer Engineering, Kyrgyz National University, Kyrgyzstan

Abstract

This research investigates the application of deep learning techniques in real-time traffic management systems. Emphasizing the need to alleviate urban congestion and improve road safety, the study develops models using convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs) to analyze traffic flow, predict congestion, and optimize signal timing. Data is collected from multiple urban environments, allowing for model training and validation under diverse traffic conditions. The findings suggest significant improvements in efficiency and responsiveness of traffic control systems when deep learning approaches are applied. Furthermore, the study addresses practical considerations such as data acquisition, computational costs, and system scalability. The conclusion highlights the transformative potential of deep learning in intelligent transportation systems and suggests future research directions including integration with smart city technologies.

Keywords: deep learning, traffic management, real-time systems, convolutional neural networks, urban congestion

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

OPTIMIZATION OF CLOUD COMPUTING INFRASTRUCTURES USING AI ALGORITHMS

Aziza Makhmudova
Prof. Dr. Jahongir Rasulov
Department of Information Technology, Tashkent University of Information Technologies, Uzbekistan

Abstract

This paper presents methodologies for optimizing cloud computing infrastructures through artificial intelligence-based algorithms. It addresses challenges related to resource allocation, load balancing, and energy efficiency in cloud data centers. The study implements AI models including genetic algorithms, reinforcement learning, and neural networks to dynamically optimize system performance. Experimental analysis on simulated environments demonstrates improvements in task scheduling, latency reduction, and operational cost savings. The research also explores model adaptability to varied workload patterns and resource heterogeneity. The findings support the notion that integrating AI in cloud infrastructure management can substantially enhance service quality and sustainability. Recommendations for scaling and deploying these optimization strategies in commercial cloud platforms are discussed.

Keywords: cloud computing, artificial intelligence, resource optimization, load balancing, energy efficiency

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ENHANCING CYBERSECURITY THROUGH MACHINE LEARNING-BASED INTRUSION DETECTION

Assoc. Prof. Dr. Soronai Kubatbekova
Aijan Tursunova
Prof. Dr. Bekzat Mamatkulov
Aibek Doolmatov
Department of Cybersecurity, Kyrgyz Technical University, Kyrgyzstan

Abstract

This study evaluates the efficacy of machine learning algorithms in enhancing intrusion detection systems (IDS) within cybersecurity frameworks. Addressing the increasing sophistication of cyberattacks, the research designs and tests ML models, including support vector machines, random forests, and deep learning techniques, for detecting anomalies and intrusions in network traffic. The performance is assessed through metrics such as detection rate, false positive rate, and response speed using benchmark datasets. Results indicate substantial improvements over traditional IDS methods, with enhanced accuracy and faster threat identification. The study discusses challenges including model training complexity, scalability, and deployment in real-time systems. It highlights the importance of continuous learning and adaptation of AI-driven IDS to evolving cyber threats. The paper concludes by proposing a framework for integrating ML-based IDS in cybersecurity architectures for robust and proactive defense strategies.

Keywords: cybersecurity, machine learning, intrusion detection, anomaly detection, network security

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

INTELLIGENT DATA MINING METHODS FOR FINANCIAL FRAUD DETECTION

Assoc. Prof. Dr. Ioana Popescu
Mihai Radu
Department of Information Systems, National Taiwan University - Taiwan

Abstract

This paper explores intelligent data mining techniques for detecting financial fraud, a growing concern in global markets. It reviews approaches including classification, clustering, and anomaly detection powered by machine learning algorithms to identify fraudulent activities in large financial datasets. Emphasizing the challenges posed by imbalanced data and evolving fraud patterns, the study applies techniques like ensemble learning and neural networks to improve detection accuracy. Experimental results on real-world financial transaction data show enhanced identification rates and reduced false positives. The research underscores the critical role of adaptive and intelligent systems in combating sophisticated financial crimes and offers recommendations for implementing effective fraud detection frameworks in financial institutions.

Keywords: data mining, financial fraud, machine learning, anomaly detection, classification

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEMS CONTROLLED BY NEURAL NETWORKS

Assoc. Prof. Dr. Olumide Adesanya
Department of Robotics and Automation, National University of Laos - Laos

Abstract

This study investigates the control of autonomous robotic systems using neural network architectures. Focusing on motion planning, obstacle avoidance, and environmental interaction, the research designs neural-network-based controllers for robots operating in dynamic and uncertain environments. Simulation and real-world experiments demonstrate the effectiveness of proposed models in improving navigation efficiency and adaptability. Various architectures including feedforward, recurrent, and convolutional neural networks are compared in terms of robustness and learning capabilities. The findings suggest that neural networks offer flexible and scalable solutions for complex control problems in autonomous robotics. The study contributes to advancing intelligent robotic systems and outlines future research directions for enhancing autonomy through deep learning techniques.

Keywords: autonomous robots, neural networks, robotic control, motion planning, automation

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

AI-BASED NATURAL LANGUAGE PROCESSING FOR MULTILINGUAL TRANSLATION

Assoc. Prof. Dr. Leyla Mammadova
Samir Hasanov
Department of Computer Science, Baku State University, Azerbaijan

Abstract

This paper evaluates the development and application of AI-based natural language processing (NLP) systems for multilingual translation. It discusses deep learning models such as transformer architectures that facilitate accurate and context-aware translation across languages. The research highlights challenges related to linguistic complexity, idiomatic expressions, and data scarcity for low-resource languages. Performance is assessed on multilingual corpora, demonstrating significant improvements over traditional rule-based and statistical methods. The study also explores the socio-cultural impact of enhanced translation technologies in promoting cross-cultural communication and global collaboration. It concludes by recommending strategies to improve model inclusivity and broaden language coverage, emphasizing the transformative potential of AI-driven NLP in bridging linguistic divides.

Keywords: natural language processing, AI, multilingual translation, deep learning, cross-cultural communication

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

STUDY ON THE MOLECULAR INTERACTIONS OF PYRAZOLINE DERIVATIVES WITH SARS-COV-2 MAIN PROTEASE (Mpro)

Zineb OUAHDI
Hassan EL ALAOUI EL ABDALLAOUI
Amine ZEROUAL
Department of Chemistry, University of Casablanca, Morocco

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic, caused by the SARS-CoV-2 virus, has prompted urgent research into antiviral agents targeting key viral proteins. This study focuses on the molecular interactions between pyrazoline derivatives and the SARS-CoV-2 main protease (Mpro), a critical enzyme for viral replication. Using molecular docking and dynamic simulation techniques, the binding affinity and interaction patterns of various pyrazoline compounds were analyzed to identify potential inhibitors. The results demonstrate that several derivatives exhibit strong binding energies and stable interactions within the active site of Mpro, suggesting their potential as antiviral candidates. Key amino acid residues involved in hydrogen bonding and hydrophobic contacts were identified, providing insights into the molecular basis of inhibition. The study also discusses the structure-activity relationships that influence binding efficacy. These findings contribute to the rational design of novel therapeutics against COVID-19 by highlighting promising pyrazoline scaffolds for further experimental validation. The integration of computational methods accelerates drug discovery by efficiently screening compounds before costly laboratory testing. This research underscores the importance of targeting viral proteases and offers a foundation for developing effective antiviral drugs to combat current and future coronavirus outbreaks.

Keywords: SARS-CoV-2, main protease, pyrazoline derivatives, molecular docking, antiviral agents

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EFFECTS OF OCTENYL SUCCINIC ANHYDRIDE (OSA) MODIFIED STARCH ON THE RHEOLOGICAL AND PARTICLE SIZE PROPERTIES OF XANTHAN GUM SOLUTIONS

Imene BOULHAIA
Abdelkader HADJSADOK
Nadji MOULAI-MOSTEFA
Ali AOUABED
Department of Food Science and Technology, University of Algiers, Algeria

ABSTRACT

This research investigates the impact of octenyl succinic anhydride (OSA) modified starch on the rheological behavior and particle size distribution of xanthan gum solutions, which are widely used as food thickeners and stabilizers. The study evaluates how varying concentrations of OSA starch influence the viscosity, shear-thinning properties, and microstructure of xanthan gum dispersions. Rheological measurements reveal that the addition of OSA starch modifies the viscoelastic properties, enhancing the gel strength and stability of the mixtures. Particle size analysis indicates changes in the aggregation and dispersion of polysaccharide molecules, which correlate with the observed rheological changes. These modifications are attributed to interactions between the hydrophobic groups of OSA starch and the xanthan gum chains, affecting the network formation. The findings have significant implications for food formulation, offering opportunities to tailor texture and stability in products such as sauces, dressings, and dairy alternatives. This study contributes to the understanding of polysaccharide interactions and supports the development of functional food ingredients with improved performance. Further research is recommended to explore the effects under different processing conditions and in complex food matrices.

Keywords: OSA starch, xanthan gum, rheology, particle size, food hydrocolloids

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

NUTRACEUTICALS: BRIDGING THE GAP BETWEEN NUTRITION AND MEDICINE

Ana-Lucia BLENDEA
Alin CIOBICA
Ioan GOTCA
Andreea GHERASIM
Department of Pharmacology and Nutrition, University of Cluj-Napoca, Romania

ABSTRACT

Nutraceuticals represent a growing field at the intersection of nutrition and medicine, offering health benefits beyond basic dietary needs. This review explores the definition, classification, and therapeutic potential of nutraceuticals, focusing on their role in disease prevention and management. The paper discusses bioactive compounds such as vitamins, minerals, antioxidants, and phytochemicals derived from natural sources. It highlights evidence supporting their efficacy in conditions like cardiovascular diseases, diabetes, cancer, and neurodegenerative disorders. Mechanisms of action, including anti-inflammatory, immunomodulatory, and antioxidant effects, are examined. The challenges of standardization, regulation, and clinical validation are also addressed, emphasizing the need for rigorous scientific evaluation to ensure safety and effectiveness. The review underscores the potential of nutraceuticals as complementary approaches to conventional medicine, promoting personalized nutrition and integrative health strategies. Future directions include the development of novel formulations, improved delivery systems, and large-scale clinical trials. This paper contributes to bridging the gap between nutritional science and therapeutic applications, encouraging multidisciplinary collaboration to optimize health outcomes.

Keywords: nutraceuticals, bioactive compounds, disease prevention, complementary medicine, personalized nutrition

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

NANOMATERIAL-ENHANCED TRANSDERMAL DELIVERY SYSTEMS FOR TREATING DERMATOLOGICAL CONDITIONS

Babita GUPTA
Department of Pharmaceutical Sciences, University of Delhi, India

ABSTRACT

Transdermal drug delivery offers a non-invasive route for treating various dermatological conditions, but the skin's barrier properties often limit drug penetration. This review focuses on recent advances in nanomaterial-enhanced transdermal delivery systems designed to overcome these challenges. Nanocarriers such as liposomes, solid lipid nanoparticles, nanoemulsions, and polymeric nanoparticles improve drug solubility, stability, and targeted delivery to skin layers. The paper discusses their mechanisms of skin permeation enhancement, controlled release profiles, and biocompatibility. Applications in treating psoriasis, eczema, acne, and skin infections are highlighted, demonstrating improved therapeutic efficacy and reduced side effects compared to conventional formulations. Safety concerns, regulatory aspects, and potential toxicity of nanomaterials are critically evaluated. The review also explores future trends, including stimuli-responsive systems and personalized medicine approaches. By integrating nanotechnology with dermatology, these innovative delivery platforms hold promise for more effective and patient-friendly treatments. This comprehensive analysis provides valuable insights for researchers, clinicians, and pharmaceutical developers aiming to advance transdermal therapies.

Keywords: nanomaterials, transdermal delivery, dermatology, drug delivery systems, nanocarriers

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

A COMPREHENSIVE REVIEW OF HERBAL MEDICINAL DRUGS AND THEIR PHARMACOLOGICAL EFFECTS

K. POOJA
Department of Pharmacognosy, University of Hyderabad, India

ABSTRACT

Herbal medicinal drugs have been used for centuries across cultures for their therapeutic properties. This comprehensive review examines a wide range of herbal medicines, detailing their pharmacological effects, active constituents, and clinical applications. The paper categorizes herbs based on their primary therapeutic actions such as anti-inflammatory, antimicrobial, antioxidant, anticancer, and neuroprotective effects. It discusses key bioactive compounds including alkaloids, flavonoids, terpenoids, and phenolics, explaining their mechanisms of action at the molecular level. The review also addresses challenges in herbal drug research, including variability in plant material, standardization issues, and potential herb-drug interactions. Safety profiles and toxicity concerns are evaluated to inform clinical use. Emphasis is placed on integrating traditional knowledge with modern scientific methods to validate efficacy and ensure quality control. The review highlights promising herbal candidates for drug development and encourages further pharmacological and clinical studies. This work serves as a valuable resource for healthcare professionals, researchers, and policymakers interested in the therapeutic potential of herbal medicines.

Keywords: herbal medicine, pharmacology, bioactive compounds, traditional medicine, drug development

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

CYTOLOGICAL AND MOLECULAR ANALYSIS OF SPUTUM SAMPLES FROM TUBERCULOSIS SUSPECTS IN WUA SETTLEMENT, NASARAWA STATE

Utume A. WILSON
Daramola E. FUNKE
James O. ADISA
Solomon M. GAMDE
Department of Microbiology, University of Jos, Nigeria

ABSTRACT

Tuberculosis (TB) remains a major public health concern in Nigeria, particularly in densely populated settlements. This study conducts cytological and molecular analyses of sputum samples collected from TB suspects in the Wua settlement, Nasarawa State. Using microscopy, Ziehl-Neelsen staining, and PCR-based molecular techniques, the research aims to improve diagnostic accuracy and understand the prevalence of Mycobacterium tuberculosis. The findings reveal a significant proportion of positive cases confirmed by molecular assays, highlighting the limitations of conventional microscopy alone. Cytological examination provides additional information on cellular changes associated with infection. The study also evaluates risk factors such as HIV co-infection, socioeconomic status, and living conditions contributing to TB transmission. Recommendations include integrating molecular diagnostics into routine TB screening programs to enhance early detection and treatment. The research underscores the need for targeted public health interventions and improved laboratory capacity in resource-limited settings. This comprehensive approach supports efforts to control TB spread and improve patient outcomes in vulnerable communities.

Keywords: tuberculosis, sputum analysis, molecular diagnostics, Nigeria, public health

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

KNOWLEDGE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH INTRAEPITHELIAL LESIONS AMONG CHILD-BEARING WOMEN IN JOS, NIGERIA

Selji YAKCIT
James O. ADISA
Solomon M. GAMDE
Department of Obstetrics and Gynecology, University of Jos, Nigeria

ABSTRACT

Intraepithelial lesions are precursors to cervical cancer and pose significant health risks to child-bearing women, especially in low-resource settings. This study investigates the knowledge levels and risk factors associated with intraepithelial lesions among women attending healthcare facilities in Jos, Nigeria. Using structured questionnaires and clinical examinations, data were collected on awareness, sexual behavior, HPV infection, smoking, and contraceptive use. The results indicate low awareness of cervical cancer and its precursors, coupled with high prevalence of risk factors such as early sexual debut and multiple partners. Clinical screening identified a notable percentage of women with intraepithelial lesions, emphasizing the need for enhanced preventive measures. The study advocates for comprehensive education programs, increased access to HPV vaccination, and regular screening services to reduce cervical cancer incidence. It also highlights cultural and socioeconomic barriers affecting women's health-seeking behavior. This research contributes to public health strategies aimed at improving women's reproductive health outcomes in Nigeria and similar contexts.

Keywords: intraepithelial lesions, cervical cancer, women's health, Nigeria, HPV awareness

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

PSYCHOLOGICAL IMPACT AND PROJECT OUTCOMES: A MODERATED MEDIATION ANALYSIS IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Maria Petrova
Department of Industrial Psychology, Technical University of Sofia, Bulgaria

ABSTRACT

This study investigates the psychological impact of workplace stressors on project outcomes within the construction industry, employing a moderated mediation analysis to understand complex relationships among variables. Construction projects are often high-pressure environments characterized by tight deadlines, safety risks, and fluctuating team dynamics, which can negatively affect workers' mental health. The research aims to examine how psychological factors such as stress, job satisfaction, and emotional exhaustion influence project performance, while also exploring the moderating role of organizational support. Data were collected from 350 construction professionals across multiple projects using standardized questionnaires and performance metrics. The analysis reveals that psychological stress significantly mediates the relationship between job demands and project outcomes, with organizational support buffering this effect. Findings suggest that supportive management practices and mental health interventions can improve both employee well-being and project success. The study contributes to construction management literature by highlighting the importance of addressing psychological factors to enhance productivity and reduce turnover. Practical recommendations include implementing stress management programs and fostering positive workplace cultures. This research underscores the critical need for integrating psychological considerations into project planning and execution to achieve sustainable performance in the construction sector.

Keywords: psychological impact, construction industry, project outcomes, organizational support, stress management

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

YOLOV8-BASED AUTOMATED PAVEMENT CRACK IDENTIFICATION USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

Assoc. Prof. Dr. Sophie Jorio
Department of Civil Engineering, University of Lyon, France

ABSTRACT

The maintenance of road infrastructure is vital for transportation safety and efficiency, with pavement crack detection being a key component. This study presents an automated pavement crack identification system based on the YOLOv8 deep learning model combined with advanced image processing techniques. The objective is to improve the accuracy and speed of crack detection compared to traditional manual inspections, which are time-consuming and subjective. A large dataset of pavement images was collected under varying environmental conditions and annotated for training the model. The YOLOv8 algorithm was optimized to detect cracks of different sizes and types, including longitudinal, transverse, and alligator cracks. Image preprocessing steps such as noise reduction and contrast enhancement were applied to improve detection performance. Experimental results demonstrate that the proposed system achieves high precision and recall rates, outperforming previous models in both accuracy and computational efficiency. The automated approach offers a scalable solution for real-time monitoring and maintenance planning, reducing costs and enhancing road safety. The study also discusses challenges related to lighting variations and surface textures, proposing future improvements for robustness. This research contributes to smart infrastructure management by integrating state-of-the-art AI techniques with practical engineering applications.

Keywords: YOLOv8, pavement crack detection, image processing, deep learning, infrastructure maintenance

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THERAPEUTIC COUCH DYNAMICS IN MODERN PSYCHOTHERAPY PRACTICES

Andrei Popescu
Department of Clinical Psychology, University of Bucharest, Romania

ABSTRACT

The therapeutic couch has long been a symbolic and functional element in psychotherapy, influencing the dynamics between therapist and client. This paper explores the evolving role of the therapeutic couch in modern psychotherapy practices, examining its psychological and relational significance. Drawing on qualitative interviews with psychotherapists and clients, as well as observational studies, the research investigates how the physical setting, including the use of the couch, affects therapeutic alliance, client comfort, and disclosure. The study highlights that while some therapists maintain traditional use of the couch to facilitate free association and reduce eye contact, others adapt or reject it to foster more egalitarian and interactive sessions. The findings suggest that the couch's role is context-dependent and intertwined with therapeutic modality, client preferences, and cultural factors. Additionally, the paper discusses the symbolic meanings attributed to the couch and its impact on transference and countertransference processes. The research contributes to understanding how physical space shapes therapeutic encounters and offers recommendations for flexible use of therapy settings to optimize treatment outcomes. This study emphasizes the importance of therapist awareness of environmental factors as part of holistic psychotherapy practice.

Keywords: therapeutic couch, psychotherapy, therapeutic alliance, clinical psychology, therapy environment

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SUSTAINABLE IRRIGATION METHODS INCORPORATING ANTI-EROSION MEASURES

Dr. Nino Beridze
Department of Environmental Engineering, Tbilisi State University, Georgia

ABSTRACT

Sustainable irrigation is critical for ensuring agricultural productivity while preserving soil integrity and preventing erosion. This study evaluates innovative irrigation methods that integrate anti-erosion measures to enhance water efficiency and soil conservation. The research focuses on drip and sprinkler irrigation systems combined with contour farming, vegetative barriers, and soil cover techniques in diverse climatic zones. Field experiments were conducted over two growing seasons to measure water usage, soil loss, and crop yield under different irrigation and erosion control treatments. Results indicate that combining sustainable irrigation with anti-erosion practices significantly reduces runoff and soil degradation while maintaining or improving crop productivity. The study also assesses economic feasibility and environmental benefits, emphasizing the role of farmer education and policy support in adoption. Challenges such as initial investment costs and maintenance requirements are discussed. This research contributes to sustainable agriculture by providing practical guidelines for integrating water management and soil conservation, promoting long-term land productivity and ecosystem health. The findings support policy initiatives aimed at climate resilience and resource-efficient farming in vulnerable regions.

Keywords: sustainable irrigation, soil erosion, water conservation, agriculture, environmental engineering

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON CONCRETE STRENGTH WITH CEMENT PARTIALLY REPLACED BY BLACK CARBON AND TiO2 ADDITIVES

Ravi Kumar
Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Delhi, India

ABSTRACT

This experimental study investigates the effects of partially replacing cement with black carbon and titanium dioxide (TiO2) additives on the mechanical properties of concrete. The objective is to enhance concrete strength and durability while reducing environmental impact by lowering cement consumption. Various concrete mixes were prepared with different proportions of black carbon and TiO2, and subjected to compressive strength, flexural strength, and durability tests over curing periods of 7, 14, and 28 days. Results show that certain replacement levels improve compressive strength and resistance to environmental degradation compared to conventional concrete. The photocatalytic properties of TiO2 also contribute to self-cleaning and pollution reduction effects. Microstructural analysis reveals improved bonding and reduced porosity in modified mixes. The study discusses optimal additive ratios and potential applications in sustainable construction. Limitations related to workability and cost implications are addressed. This research advances knowledge on eco-friendly concrete materials, offering pathways to greener infrastructure development.

Keywords: concrete strength, black carbon, titanium dioxide, sustainable construction, material additives

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ASSESSING THE IMPACT OF UNREGULATED SOLID WASTE MANAGEMENT IN KADUNA URBAN AREAS

Chinedu Okafor
Department of Environmental Science, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

ABSTRACT

Unregulated solid waste management poses significant environmental and public health risks in rapidly urbanizing areas. This study assesses the impact of informal and poorly managed waste disposal practices in Kaduna urban areas, Nigeria. Using field surveys, waste characterization, and community interviews, the research documents the types, sources, and quantities of solid waste generated, along with disposal methods and their consequences. Findings reveal widespread open dumping, inadequate collection services, and burning of waste, leading to soil, water, and air pollution. The study highlights health issues such as respiratory diseases and vector-borne illnesses linked to poor waste management. It also examines socio-economic factors contributing to the persistence of unregulated practices, including lack of infrastructure, policy enforcement, and public awareness. Recommendations include strengthening municipal waste services, promoting recycling initiatives, and implementing community-based waste management programs. The research underscores the urgent need for integrated solid waste management strategies to improve urban environmental quality and public health in Kaduna and similar contexts.

Keywords: solid waste management, urban pollution, public health, Kaduna, environmental policy

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DESIGN STRATEGIES FOR ENERGY-EFFICIENT HOUSING IN LOW-INCOME COMMUNITIES

Dr. Fatima Abiola
Department of Architecture, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

Energy-efficient housing design is essential for reducing energy consumption and improving living conditions in low-income communities. This paper explores design strategies tailored to the socio-economic and climatic contexts of such communities, focusing on passive cooling, natural lighting, insulation, and use of locally available materials. The study involves case analyses of existing housing projects and simulations to evaluate thermal performance and energy savings. Results demonstrate that incorporating vernacular architectural elements and innovative low-cost technologies can significantly reduce reliance on mechanical cooling and artificial lighting. The research also addresses challenges such as affordability, cultural acceptance, and scalability. Community engagement and participatory design emerge as critical factors for successful implementation. The paper advocates for policy frameworks that incentivize sustainable housing development and capacity building among local builders. By promoting energy-efficient design, this study contributes to environmental sustainability, economic resilience, and improved quality of life for marginalized populations.

Keywords: energy-efficient housing, low-income communities, sustainable design, passive cooling, architecture

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

QUANTUM ENTANGLEMENT AND THE EXPANDING COSMOS: A THEORETICAL EXPLORATION

Amit Sharma
Department of Physics, Indian Institute of Science, Bangalore, India

ABSTRACT

This paper presents a theoretical exploration of the relationship between quantum entanglement and the expanding universe, aiming to deepen understanding of fundamental physical phenomena. Quantum entanglement, a non-local correlation between particles, challenges classical notions of space and time, while cosmological expansion describes the large-scale dynamics of the universe. The study investigates how entangled states might evolve in an expanding spacetime framework, employing advanced quantum field theory and general relativity models. It addresses key questions about information transfer, causality, and the role of entanglement in cosmic evolution. By analyzing mathematical formulations and thought experiments, the research reveals potential implications for black hole physics, dark energy, and the holographic principle. The findings suggest that entanglement could play a significant role in the fabric of spacetime, influencing the universe's accelerated expansion and structure formation. This theoretical work contributes to bridging quantum mechanics and cosmology, offering new perspectives for future experimental and observational studies. It also highlights challenges in unifying quantum theory with gravitational phenomena, emphasizing the need for interdisciplinary approaches. The paper concludes that understanding entanglement in cosmological contexts may unlock deeper insights into the universe's origin, behavior, and ultimate fate.

Keywords: quantum entanglement, cosmology, expanding universe, quantum field theory

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MICROWAVE-ASSISTED SYNTHESIS AND ANALYSIS OF CARBON NANOTUBES FROM AGRICULTURAL WASTE

Laila Hassan
Department of Chemical Engineering, Cairo University, Egypt

ABSTRACT

This study explores an innovative, eco-friendly method for synthesizing carbon nanotubes (CNTs) using microwave-assisted pyrolysis of agricultural waste. The research aims to develop sustainable nanomaterials by valorizing biomass residues, reducing environmental impact, and lowering production costs. Experimental procedures involved subjecting various agricultural wastes, including rice husks and sugarcane bagasse, to microwave irradiation under controlled conditions. Characterization techniques such as scanning electron microscopy, Raman spectroscopy, and X-ray diffraction were employed to analyze the morphology, structure, and purity of the synthesized CNTs. Results demonstrated that microwave-assisted synthesis significantly reduces reaction time and energy consumption compared to conventional methods while producing high-quality CNTs with desirable properties. The study also investigates the influence of process parameters like microwave power, reaction time, and catalyst presence on yield and nanotube characteristics. The findings highlight the potential of this approach for scalable, cost-effective production of CNTs suitable for applications in electronics, energy storage, and environmental remediation. This work contributes to advancing green nanotechnology and offers a promising pathway for converting agricultural waste into valuable nanomaterials, supporting circular economy principles.

Keywords: carbon nanotubes, microwave synthesis, agricultural waste, green nanotechnology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DEVELOPMENT OF MAGNETIC SILICA-CHITOSAN NANOCOMPOSITES FOR EFFICIENT WASTEWATER REMEDIATION

Fatima Yusuf, Ahmed Khan, Sara Malik
Department of Environmental Science, University of Karachi, Pakistan

ABSTRACT

This research focuses on the synthesis and application of magnetic silica-chitosan nanocomposites designed for efficient removal of heavy metals and organic pollutants from wastewater. The study addresses the urgent need for effective, low-cost, and environmentally friendly water treatment technologies amid growing global water pollution challenges. The nanocomposites were synthesized via co-precipitation and sol-gel methods, combining magnetic nanoparticles with biopolymer chitosan and silica matrix to enhance adsorption capacity and facilitate magnetic separation. Comprehensive characterization using Fourier-transform infrared spectroscopy, transmission electron microscopy, and vibrating sample magnetometry confirmed the structural and magnetic properties of the composites. Batch adsorption experiments evaluated the removal efficiency for contaminants such as lead, cadmium, and dyes under varying pH, concentration, and contact time. Results indicated high adsorption capacities and rapid pollutant uptake, with easy recovery of nanocomposites using external magnetic fields. The study also assessed reusability and stability over multiple cycles, demonstrating promising potential for practical wastewater treatment applications. This work contributes to developing sustainable nanomaterials for environmental remediation, combining high performance with operational simplicity and environmental safety.

Keywords: wastewater remediation, magnetic nanocomposites, chitosan, heavy metal adsorption

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ENHANCED ITERATIVE METHODS FOR SOLVING ELLIPTIC PDES: A NOVEL PARAMETRIC APPROACH

Chinedu Okafor, Amina Bello
Department of Mathematics, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

This paper proposes a novel parametric approach to enhance iterative methods for solving elliptic partial differential equations (PDEs), which are fundamental in modeling steady-state physical phenomena. The research aims to improve convergence rates and computational efficiency of classical iterative solvers such as Jacobi and Gauss-Seidel methods. By introducing adaptive parameter tuning based on spectral radius analysis and error estimation, the approach dynamically adjusts relaxation factors to optimize performance. Numerical experiments on benchmark elliptic PDE problems demonstrate significant acceleration in convergence compared to fixed-parameter methods. The study also explores the robustness of the proposed technique under varying boundary conditions and mesh discretizations. Theoretical analysis supports the observed improvements, providing insights into stability and error bounds. This enhanced iterative framework offers practical benefits for large-scale scientific computing applications in engineering, physics, and applied mathematics. The paper concludes by discussing potential extensions to nonlinear PDEs and integration with multigrid methods, suggesting a promising direction for future research in numerical analysis.

Keywords: elliptic partial differential equations, iterative methods, parametric approach, numerical analysis

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

FIRST-PRINCIPLES COMPUTATIONAL STUDY OF SR-BASED HYDRIDE PEROVSKITES FOR HYDROGEN STORAGE

Yousef Al-Mansouri, Layla Rahimi
Department of Materials Science, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia

ABSTRACT

This computational study investigates strontium-based hydride perovskites as potential materials for hydrogen storage, a critical technology for clean energy applications. Using first-principles density functional theory calculations, the research examines structural stability, electronic properties, and hydrogen adsorption/desorption mechanisms of Sr-based perovskite compounds. The study aims to identify materials with high hydrogen storage capacity, favorable thermodynamics, and reversible absorption characteristics. Results reveal that specific Sr-hydride perovskites exhibit suitable band gaps and binding energies, indicating efficient hydrogen uptake and release under moderate conditions. Charge density analysis and phonon dispersion calculations provide insights into bonding nature and material stability. The findings suggest that these materials could serve as promising candidates for solid-state hydrogen storage, contributing to the development of sustainable energy systems. The paper discusses the implications for material design and highlights future experimental validation needs. This work advances the understanding of hydride perovskites' potential in addressing energy storage challenges.

Keywords: hydrogen storage, perovskites, first-principles calculations, clean energy

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

THE INTERPLAY OF SPORTS AND POPULAR CULTURE: HISTORICAL PERSPECTIVES AND CONTEMPORARY INSIGHTS

Reza Farhadi, Neda Karimi
Department of Sociology, University of Tehran, Iran

ABSTRACT

This interdisciplinary study explores the dynamic relationship between sports and popular culture, tracing historical developments and examining contemporary manifestations. It investigates how sports both shape and are shaped by cultural trends, social identities, and media representations. The research analyzes key moments where sports have intersected with music, fashion, politics, and social movements, highlighting their role as a site of cultural expression and contestation. Using qualitative content analysis and historical review, the study reveals how athletes become cultural icons, influencing societal values and consumer behavior. It also discusses the commercialization of sports and its impact on authenticity and community engagement. Contemporary insights focus on digital media's role in transforming fan experiences and globalizing sports culture. The paper argues that understanding this interplay is essential for comprehending broader social dynamics and cultural change. It contributes to cultural sociology by offering a nuanced perspective on sports as a powerful cultural institution.

Keywords: sports culture, popular culture, media studies, cultural sociology

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

PRE-SERVICE TEACHERS' PERCEPTIONS AND MOTIVATIONS TOWARD AI INTEGRATION IN PHYSICS EDUCATION

Halima Ibrahim, Musa Abdullahi
Department of Science Education, Ahmadu Bello University, Nigeria

ABSTRACT

This study investigates pre-service physics teachers' perceptions and motivations regarding the integration of artificial intelligence (AI) technologies in physics education. Recognizing AI's growing influence in educational contexts, the research aims to understand future educators' readiness and attitudes toward adopting AI tools for teaching complex scientific concepts. Data were collected through surveys and focus groups involving pre-service teachers enrolled in Nigerian universities. Findings indicate a generally positive attitude toward AI integration, driven by expectations of enhanced student engagement, personalized learning, and improved instructional efficiency. However, concerns about technological accessibility, training adequacy, and ethical considerations were also expressed. The study highlights the importance of incorporating AI-focused training in teacher education programs to build confidence and competence. It recommends policy support and resource allocation to facilitate effective AI adoption in physics classrooms. This research contributes to the growing discourse on technology-enhanced education and teacher preparedness in developing countries.

Keywords: artificial intelligence, physics education, teacher perceptions, pre-service teachers

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

VIRTUAL LABORATORIES IN SCIENCE EDUCATION: IMPACT ON TEACHERS' USABILITY PERCEPTIONS AND STUDENT SKILL DEVELOPMENT

Amina Bello, Ibrahim Musa
Department of Educational Technology, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

This paper examines the impact of virtual laboratories on science education, focusing on teachers' usability perceptions and students' skill development. Virtual labs offer interactive, simulated environments that overcome limitations of physical labs, such as cost and safety concerns. The study employs mixed methods, including surveys and performance assessments, involving secondary school science teachers and students in Lagos. Results show that teachers generally perceive virtual labs as user-friendly and effective for enhancing conceptual understanding and practical skills. Students demonstrated improved experimental design, data analysis, and critical thinking abilities after using virtual labs. Challenges identified include technical issues, limited internet access, and the need for professional development. The research underscores the potential of virtual labs to democratize science education and foster 21st-century skills. Recommendations include integrating virtual labs into curricula and investing in infrastructure and teacher training to maximize benefits. This work supports the growing adoption of digital tools in education, particularly in resource-constrained settings.

Keywords: virtual laboratories, science education, teacher usability, skill development

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

OPTIMIZATION OF SOLAR ENERGY HARVESTING SYSTEMS USING MONTE CARLO SIMULATIONS

Ahmed El-Sayed
Department of Renewable Energy, Cairo University, Egypt
Fatima Hassan
Department of Electrical Engineering, Cairo University, Egypt
Omar Khalil
Department of Mechanical Engineering, Cairo University, Egypt

ABSTRACT

The growing demand for sustainable and efficient energy solutions has intensified research into optimizing solar energy harvesting systems. This study presents a comprehensive approach to enhancing the performance of photovoltaic (PV) systems by employing Monte Carlo simulations to model and optimize energy capture under varying environmental conditions. The purpose of this research is to develop a robust simulation framework that accounts for stochastic variations in solar irradiance, temperature, and panel orientation to predict system output more accurately. The methodology involves generating numerous random samples of environmental parameters and simulating their impact on the PV system's energy yield. Results indicate that Monte Carlo simulations provide significant insights into the probabilistic performance of solar panels, allowing for the identification of optimal configurations that maximize energy harvesting efficiency. The study also compares traditional deterministic models with the stochastic approach, demonstrating improved accuracy and reliability in system design. Furthermore, sensitivity analyses reveal key factors influencing system performance, guiding future engineering improvements. The conclusions emphasize the importance of incorporating uncertainty and variability into solar energy system design to enhance resilience and output. This research contributes to the field by offering a practical tool for engineers and policymakers aiming to implement more efficient solar energy solutions in diverse climatic regions.

Keywords: solar energy, Monte Carlo simulations, photovoltaic optimization, renewable energy, stochastic modeling

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

REMOTE SENSING-BASED SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF URBAN EXPANSION IN CASABLANCA (MOROCCO): ENVIRONMENTAL IMPACTS

Nadia Benali
Department of Geography, Mohammed V University, Morocco
Youssef El-Mahdi
Department of Environmental Science, Mohammed V University, Morocco

ABSTRACT

Urban expansion in rapidly growing cities poses significant environmental challenges, particularly in coastal regions like Casablanca, Morocco. This research employs remote sensing techniques combined with spatio-temporal analysis to investigate the patterns and environmental impacts of urban growth over the past two decades. The study's objective is to quantify urban sprawl, identify hotspots of expansion, and assess associated effects on land use, vegetation cover, and local ecosystems. Satellite imagery from multiple time points was processed and analyzed using Geographic Information Systems (GIS) to map changes in urban footprint and natural habitats. Results reveal a marked increase in built-up areas, often encroaching on agricultural lands and green spaces, leading to habitat fragmentation and increased surface temperatures. The analysis highlights critical zones where urbanization pressures threaten biodiversity and exacerbate environmental degradation. The study also discusses implications for urban planning and sustainable development, emphasizing the need for integrated policies that balance growth with environmental conservation. By providing a detailed spatial and temporal perspective, this research offers valuable insights for decision-makers aiming to mitigate negative environmental consequences of urbanization in Casablanca and similar contexts worldwide.

Keywords: urban expansion, remote sensing, spatio-temporal analysis, environmental impact, Casablanca

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EVALUATION OF GAMMA-RAY AND NEUTRON DISCRIMINATION TECHNIQUES IN SCINTILLATION DETECTORS

John O. Adeyemi
Department of Physics, University of Lagos, Nigeria
Chinedu Nwosu
Department of Nuclear Engineering, University of Lagos, Nigeria
Amina Yusuf
Department of Applied Physics, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

Effective discrimination between gamma rays and neutrons is critical for applications in nuclear safety, medical imaging, and radiation detection. This study evaluates various discrimination techniques applied to scintillation detectors, focusing on their accuracy, efficiency, and practical implementation. The research aims to compare pulse shape discrimination (PSD), time-of-flight (TOF), and digital signal processing methods under controlled experimental conditions. Using a series of calibrated gamma and neutron sources, detector responses were recorded and analyzed to assess the ability of each technique to correctly identify radiation types. Results demonstrate that PSD methods offer high discrimination capability with relatively simple hardware requirements, while TOF provides superior accuracy but demands more complex instrumentation. Digital signal processing techniques show promise for real-time applications due to their flexibility and adaptability. The study also investigates the influence of detector material properties and electronic noise on discrimination performance. Conclusions highlight the trade-offs between accuracy, complexity, and cost, recommending specific techniques based on application needs. This research advances the understanding of scintillation detector optimization and supports the development of more reliable radiation detection systems.

Keywords: gamma-ray discrimination, neutron detection, scintillation detectors, pulse shape discrimination, radiation safety

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

MATHEMATICAL MODELING OF OXYGEN TRANSPORT IN HUMAN CIRCULATORY SYSTEMi

Chinedu Nwosu
Department of Biomedical Engineering, University of Lagos, Nigeria
Amina Yusuf
Department of Applied Mathematics, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

Oxygen transport within the human circulatory system is a complex physiological process essential for cellular metabolism and overall health. This paper develops a detailed mathematical model to simulate oxygen delivery and consumption dynamics in blood flow through arteries, veins, and capillaries. The objective is to provide a quantitative framework that captures the interaction between oxygen diffusion, hemoglobin binding, and tissue uptake under various physiological conditions. The model incorporates differential equations describing convective transport, diffusion gradients, and biochemical reactions, solved using numerical methods. Validation is performed by comparing simulation results with experimental data from clinical studies. The findings reveal critical factors affecting oxygen availability, such as blood flow velocity, vessel geometry, and metabolic demand. Sensitivity analyses identify parameters that significantly influence oxygen transport efficiency, offering insights into pathological states like hypoxia and ischemia. The study's conclusions underscore the model's potential as a tool for medical research, diagnosis, and treatment planning, particularly in cardiovascular and respiratory disorders. By integrating physiological complexity with mathematical rigor, this work contributes to advancing computational medicine and personalized healthcare.

Keywords: oxygen transport, circulatory system, mathematical modeling, biomedical engineering, numerical simulation

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BAMBOO WOOD NANOFIBERS AND THEIR PHOTODEGRADATION EFFECTS ON DYES

Sara El-Mansouri
Department of Chemical Engineering, Hassan II University, Morocco
Rachid Bennis
Department of Materials Science, Hassan II University, Morocco

ABSTRACT

Nanofibers derived from bamboo wood represent a promising class of sustainable materials with potential applications in environmental remediation. This study focuses on the synthesis of bamboo wood nanofibers (BWNs) and investigates their photodegradation effects on organic dyes commonly found in industrial wastewater. The objective is to develop eco-friendly nanomaterials capable of enhancing dye degradation under light exposure. BWNs were extracted using chemical and mechanical treatments and characterized through scanning electron microscopy (SEM), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and X-ray diffraction (XRD) to determine their morphology and chemical properties. Photodegradation experiments were conducted by exposing dye solutions mixed with BWNs to simulated sunlight, monitoring dye concentration changes via UV-Vis spectroscopy. Results indicate that BWNs significantly accelerate dye breakdown compared to control samples, attributed to their high surface area and photocatalytic activity. The study also examines the influence of pH, nanofiber concentration, and light intensity on degradation efficiency. Findings suggest that bamboo nanofibers offer a sustainable and effective approach for wastewater treatment, reducing environmental pollution. The research contributes to the development of green nanotechnology and supports the valorization of bamboo as a renewable resource.

Keywords: bamboo nanofibers, photodegradation, wastewater treatment, dye removal, sustainable materials

EU 8TH INTERNATIONAL CONFERENCES ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
October 24 - 26, 2025 - SARAJEVO
ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

EXPERIMENTAL AND PROBABILISTIC STUDY ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF 3D-PRINTED CONDUCTIVE POLYMERS

Olufemi Adewale
Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan, Nigeria
Kemi Olatunji
Department of Materials Science, University of Ibadan, Nigeria

ABSTRACT

The advent of 3D printing technology has opened new avenues for fabricating conductive polymers with tailored mechanical properties for electronic and structural applications. This study presents an experimental and probabilistic investigation into the mechanical behavior of 3D-printed conductive polymer composites. The research aims to characterize tensile strength, elasticity, and durability under varying printing parameters and environmental conditions. Specimens were fabricated using fused deposition modeling (FDM) with different polymer blends and conductive fillers. Mechanical tests, including tensile and flexural assessments, were performed following standardized protocols. Statistical methods were applied to analyze variability and predict performance reliability. Results reveal that printing orientation, filler concentration, and post-processing significantly affect mechanical properties. Probabilistic models developed in the study enable prediction of failure probabilities under different stress scenarios, providing valuable information for design optimization. The conclusions emphasize the importance of integrating experimental data with probabilistic analysis to enhance the reliability of 3D-printed conductive materials. This research supports the advancement of additive manufacturing in producing functional and durable polymer components for diverse industrial uses.

Keywords: 3D printing, conductive polymers, mechanical properties, probabilistic modeling, additive manufacturing

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

ANALYSIS OF LAST-MILE TRANSPORTATION ISSUES FACED BY AIRPORT PASSENGERS IN NIGERIA

Kehinde Azeezat Shodipo
Department of Transport Studies, University of Lagos, Nigeria
Abdul-Rahman Taiwo Ajala
Department of Urban Planning, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

Last-mile transportation remains a critical challenge for airport passengers in Nigeria, impacting travel efficiency, comfort, and overall satisfaction. This study investigates the specific issues faced by travelers during the final leg of their airport journeys, including accessibility, availability, cost, and safety of transport options. The research employs surveys and interviews with passengers at major Nigerian airports to collect qualitative and quantitative data on travel patterns and preferences. Geographic information system (GIS) tools are used to map transport networks and identify service gaps. Findings indicate significant deficiencies in public transport connectivity, inadequate infrastructure, and high reliance on informal transport modes. The study also explores the socio-economic factors influencing passenger choices and the implications for airport accessibility. Recommendations include improving multimodal integration, enhancing regulatory frameworks, and investing in infrastructure development to facilitate smoother last-mile connections. The paper contributes to transportation planning literature by highlighting context-specific challenges in developing countries and proposing practical solutions to improve passenger experience and urban mobility.

Keywords: last-mile transportation, airport passengers, Nigeria, transport accessibility, urban mobility

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

IMPACT OF TELEHEALTH IMPLEMENTATION ON MATERNAL AND NEWBORN HEALTH OUTCOMES IN RURAL MIDDLE EASTERN COMMUNITIES

Assoc. Prof. Dr. Layla Hassan, Omar Al-Najjar, Sara Al-Mutairi
Department of Public Health, University of Jordan, Jordan

Abstract

This study investigates the effects of telehealth implementation on maternal and newborn health outcomes in rural Middle Eastern communities. Telehealth services provide critical healthcare access to underserved populations, helping overcome geographical and infrastructural barriers. The research assesses how telehealth interventions improve antenatal care (ANC) attendance, monitor maternal progress, and support newborn care. Using a mixed-methods approach, surveys and health records from several rural clinics were analyzed to measure the frequency of ANC visits, early identification of complications, and neonatal health indicators. The findings show significant improvements in healthcare delivery efficiency, patient satisfaction, and health outcomes for mothers and newborns following telehealth adoption. Challenges including limited technology access, digital literacy, and cultural acceptance were also identified. The study concludes by recommending broader telehealth integration with government support to enhance maternal and newborn health across the region. The results underscore the importance of digital health solutions in improving rural healthcare equity and outcomes in the Middle East.

Keywords: telehealth, maternal health, newborn outcomes, rural healthcare, Middle East

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

STRATEGIES TO ENHANCE MENTAL HEALTH SUPPORT FOR PREGNANT AND POSTPARTUM WOMEN IN MIDDLE EASTERN HEALTHCARE SETTINGS

Dr. Fatima Suleiman, Khaled Al-Farsi
Department of Psychiatry, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract

This paper addresses strategies to improve mental health support for pregnant and postpartum women in Middle Eastern healthcare settings. Maternal mental health challenges, including depression, anxiety, and stress, significantly impact both mother and child wellbeing. The study reviews existing mental health services, identifies gaps in care, and suggests culturally sensitive interventions tailored to this region's unique social and religious context. Using patient interviews, healthcare provider surveys, and policy analysis, the research recommends integrated mental health screening protocols, training for healthcare workers, and community-based awareness programs. Collaboration between obstetric and mental health services is emphasized to provide holistic care. The authors highlight the importance of family involvement and reducing stigma surrounding mental illness in care provision. The paper advocates for policy reforms and resource allocation to enhance maternal mental health support, ultimately improving outcomes for mothers and their families in the Middle East.

Keywords: maternal mental health, postpartum care, healthcare strategies, Middle East, mental health support

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

FUNDA (*CALLUNA VULGARİS* L.) YAPRAĞI İLE YÜNLÜ KUMAŞLARIN RENKLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

Kayseri Üniversitesi, hbenli@kayseri.edu.tr

https://orcid.org/0000-0002-0510-6061

ÖZET

İnsanoğlu son zamanlarda doğal kaynakları ve doğayı aşırı derecede kirletilmektedir ve bu kötü durumu önlemek için sadece bilim dünyası değil, aynı zamanda birçok kuruluş çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır. Bu çalışmada, doğal boyarmadde kaynağı olarak yünlü kumaşların renklendirilmesinde Funda (*Calluna Vulgaris* L.) yaprakları kullanılmıştır. Boyarmadde olarak kullanılacak Funda yaprakları kuru ve öğütülmüş olup mordan maddesi olarak $FeSO_4$ ve $CuSO_4$ metal tuzları ve bunların kombinasyonu kullanılarak 95°C'de 1 saat süreyle boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Boyama işleminden sonra "ılık yıkma-sabunlu yıkama-ılık yıkama-durulama" prosesi uygulanmış ve sonra oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kahverengi-Açık kahve-bej tonlarda renkler elde edilmiştir. Renkli numunelerin CIE *L*a*b** renk değerleri ve *K/S* değeri Konica Minolta marka spektrofotometri kullanılarak tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak boyanmış numunelerin yıkama ve sürtme haslık değerleri de test edilmiş olup 4-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, boyanmış numuneler için kabul edilebilir renk tonları ve haslık test elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevre dostu, Funda yaprakları (*Calluna Vulgaris* L.), Doğal Boyalar, Tekstil

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

DYEING OF WOOL FABRICS WITH HEATHER (*CALLUNA VULGARIS* L.) LEAVES

Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

Kayseri University, hbenli@kayseri.edu.tr

https://orcid.org/0000-0002-0510-6061

ABSTRACT

Humanity has recently been excessively polluting natural resources and nature, and not only the scientific community but also many organizations are undertaking various activities to prevent this dire situation. In this study, heather (*Calluna vulgaris* L.) leaves were used as a natural dye source for the dyeing of woolen fabrics. The heather leaves to be used as dye were dried and ground and dyed at 95°C for 1 hour using $FeSO_4$ and $CuSO_4$ metal salts, or a combination of these, as mordants. After dyeing, a "warm wash-soap wash-warm wash-rinse" process was applied, and then it was dried at room temperature. Colors in brown, light brown, and beige tones were obtained. The CIE *L*a*b** color values and *K/S* values of the colored samples were determined using Konica Minolta spectrophotometry. Additionally, the washing and rubbing fastness values of the dyed samples were tested, and they were determined to be within 4-5 points. As a result, acceptable color shades and fastness tests were obtained for the dyed samples.

Keywords: Environmentally friendly, Heather leaves (*Calluna Vulgaris* L.), Natural Dyes, Textile

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. INTRODUCTION

Like many branches of the industry, the textile sector has strived to improve its sales performance by offering alternative products to its customers. With the rise of environmentally conscious consumers, they are increasingly choosing to utilize environmentally friendly dyes and chemicals in the production processes of textile materials. In this context, dyeing using plant-based sources, a biological material, has resurfaced, and natural plant-based dyes, known since ancient times, have become one of the most popular research topics in recent times.

In this study, the leaves of the heather plant (*Calluna vulgaris* L.) were used as a natural dye source in the dyeing processes of wool fabrics. Various properties and uses of heather are available in the literature. Traditionally, the flowers and plant materials are used to treat urinary tract disorders and as antiseptics, wound healers, antirheumatics, expectorants, and diuretics. Heather leaves are also reported to be used in traditional medicine to treat urinary tract disorders and inflammatory conditions. Heather contains various chemical structures, the most abundant of which are chlorogenic acid (Figure 1), callunin, hyperoside, isoquercitrin, and kaempferol-3-O-galactoside (Monschein et al., 2010). One study reported that silver nanoparticles can be produced using heather leaf extract and that they have photocatalytic properties (Akalin 2024). Another study reported the environmentally friendly and green synthesis of zinc oxide (ZnO) nanostructures using heather leaf extract (Altuntas et al., 2025). Various studies have been conducted in the literature on the use of heather, and this study explored the possibilities of using it as a natural dye source for coloring woolen fabrics.

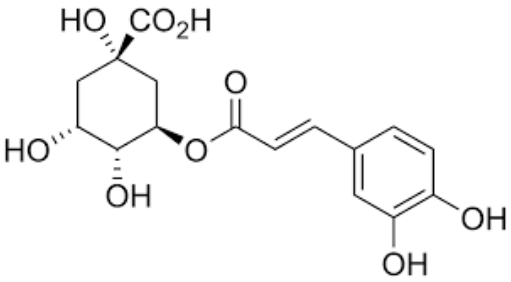
2. EXPERIMENTAL

2.1. Materials

100% wool woven fabric was used in the study and was supplied ready for dyeing. Heather (Calluna vulgaris L.) leaves (Image 1), used as a natural dye source, were obtained from local sources in dried and ground form.



Heather leaves



Chlorogenic acid

Image 1. Heather plant and the important active substance it contains

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

2.2. Methods

All studies were conducted on laboratory scales. 5% $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, and 3% $K_2Cr_2O_7$ metal salts of analytical purity were used as mordants. Dyeing operations were carried out using the combined mordanting method (Benli et al., 2025). The amount of mordant was calculated based on the weight of the material to be dyed. The weight of the wool fabric to be dyed (5 grams) was equal to the weight of the plant source (5 grams). The dye bath ratio was 1:20. The dyeing chart used for dyeing wool fabrics is presented in Figure 2. After the dyeing operations, the fabric samples were first subjected to the following process sequence: overflow washing, hot soap washing (1 g/L nonionic soap), cold rinsing, and drying.

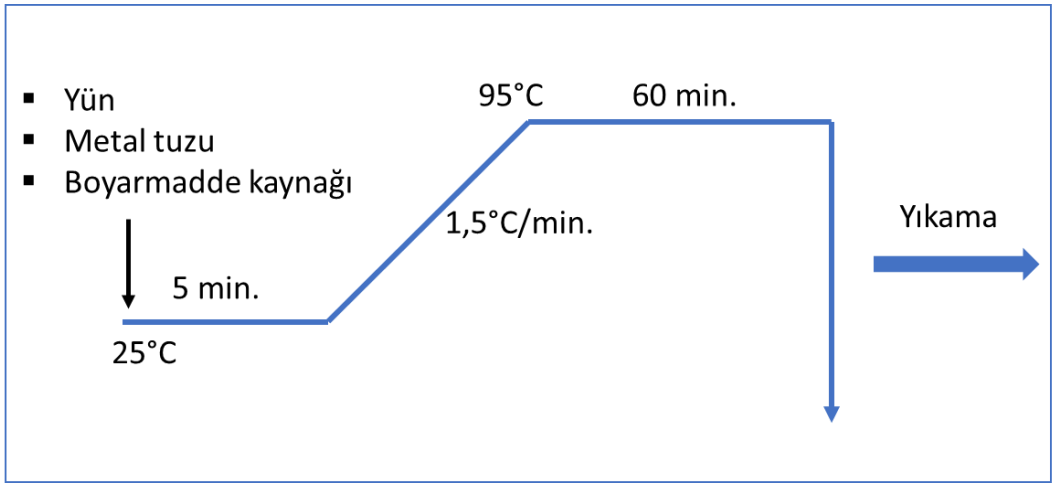


Image 2. Dyeing chart of woolen fabrics

A Konica Minolta 3600d spectrophotometer was used to determine the color coordinates (*K/S* and *L*a*b**) of all dyed wool fabric samples. Here, *K/S* values were calculated using the Kubelka-Munk equation (1) (McDonald, 1997). Additionally, washing (ISO 105-C10), rubbing (ISO 105-X12), and perspiration (ISO 105-E04) fastness tests were applied to the colored samples.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad eq.1$$

3. RESULTS

In this study, dried leaves of the heather plant were used as a natural dye source in the dyeing processes of wool fabrics. Environmentally friendly mordants and traditional mordants were used as metal salts in the dyeing processes. 5% $FeSO_47H_2O$, $CuSO_45H_2O$, and a combination of both, along with 3% $K_2Cr_2O_7$, were used as environmentally friendly mordants. The colors obtained after dyeing are presented in Table 1. When $FeSO_47H_2O$ was used as the mordant, the fabric color was dark reddish brown, while $CuSO_45H_2O$ was green. When $FeSO_47H_2O$ and $CuSO_45H_2O$ were used together as mordants, the color was light khaki.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

These results are confirmed by the K/S values. The K/S values were determined to be 9.11, 4.8, and 2.63, respectively. When $K_2Cr_2O_7$ was used as the traditional mordant, a light beige color (K/S: 2.63) was obtained. Some researchers avoid using chromium salt as a mordant in natural dyeing processes, claiming that it harms the environment. Despite this, many traditional dyers include chromium salt in their halo recipes. Therefore, in this part of the study, chromium salt was used in the dyeing process to examine its interaction with heather.

Table 1. CIE *L*a*b values of dyed fabrics**

Mordant Types		***Color Coordinates***						***Dyed wool***
		K/S	***L****	***a****	***b****	***C****	***h°***	
Environmentally Friendly Mordant	$FeSO_47H_2O$	9,11	43,2	3,7	16,27	16,69	77,18	
	$CuSO_45H_2O$	4,48	57,83	-1,79	19,9	19,98	95,14	
	$FeSO_47H_2O$ + $CuSO_45H_2O$	1,33	47,36	2,76	23,18	23,35	83,21	
Traditional Mordant	$K_2Cr_2O_7$	2,63	67,81	2,63	24,54	24,68	83,89	

When the L* values are examined in light of the data in Table 1, the lowest values for environmentally friendly mordants are $FeSO_47H_2O$ < $FeSO_47H_2O$ + $CuSO_45H_2O$ < $CuSO_45H_2O$. Following dyeing with a traditional mordant, the L* value was determined to be 67.81. An a* value of -1.79 indicates that the fabric has a green hue when $CuSO_45H_2O$ is used. A b* value of 24.54 indicates yellow tones when $K_2Cr_2O_7$ is used as a traditional mordant.

Another characteristic of dyed fabrics is their colorfastness. Rubbing, washing, and perspiration fastness tests were applied to the samples, and the results are presented in Table 2. Rubbing fastness was tested in both dry and wet conditions, and for all dyeings, it was determined that the values were between 4 and 5. Wet fastness values were found to be half to one point lower than the dry fastness values. In washing tests performed on dyed fabrics, both staining and color changes were examined. These values were determined to be between 4 and 5 for all dyeings. Perspiration fastness to colored fabrics was also tested in acidic and basic conditions. Dyed samples were tested against both acidic and basic artificial perspiration solutions, and values were determined to be between 4 and 4/5. When all dyed samples were evaluated together, woolen fabric samples dyed with both environmentally friendly and traditional mordant materials achieved fastness test results in the 4-5 range. The results are considered to be quite satisfactory in terms of fastness values.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Table 2. Color fastness test results of dyed fabrics

Mordant Type		***Rubbing***		***Washing***		***Perspiration***			
						Acidic		***Alkaline***	
		Dry	***Wet***	***Sta.***	***Alt.***	***Sta.***	***Alt.***	***Sta.***	***Alt.***
Environmentally Friendly Mordant	$FeSO_4 7H_2O$	5	4	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5
	$CuSO_4 5H_2O$	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
	$FeSO_4 7H_2O$ + $CuSO_4 5H_2O$	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5	4
Traditional Mordant	$K_2Cr_2O_7$	5	4	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Sta.: *Staining on wool,* ***Alt.:*** *Alteration*

4. CONCLUSIONS

This study explored the possibilities of dyeing 100% wool woven fabric samples with an environmentally friendly approach. For this purpose, heather leaves were used as an innovative natural dye source. Environmentally friendly mordants $FeSO_4 7H_2O$, $CuSO_4 5H_2O$, and their combinations were used as metal salts to increase dyeing efficiency. It was observed that sufficient levels of color could be achieved in terms of the resulting color tones. Furthermore, the colorfastness values of the dyed fabric samples were as high as 4-5 points. Based on these data, it was demonstrated that wool woven fabrics with sufficient color and fastness properties can be obtained by using heather leaves and environmentally friendly mordants. It is believed that future studies should also investigate the antibacterial, antioxidant, and UV protection properties of dyed wool fabrics.

REFERENCES

[1] Akalin, G. O. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Leaf Extract of Calluna vulgaris: Characterizations, Properties, and Photocatalytic Activities. BioResources, 19,3, 2024.

[2] Altuntas, H., Oke-Altuntas, F., Saritan, S., Colak, H. Effect of Zinc Precursors on the Antibacterial and Photocatalytic Applications of Green Synthesized ZnO Nanostructures Using Calluna vulgaris. Microscopy Research and Technique. 2025.

[3] Benli, H., Selvi, E. K., Aydınlıoğlu, Ö., Bahtiyari, M. İ. Woollen fabric design with bioactive properties using Anatolian sweetgum tree (Liquidambar orientalis L.) leaves and fruits. Coloration Technology. (In press), 2025. https://doi.org/10.1111/cote.70019

[4] Cristea, D., Vilarem, G. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. *Dyes and Pigments*, 70,3, 238-245, 2006.

[5] McDonald R. Recipe prediction for textiles. In Colour physics for industry, ed. R. McDonald, 121-208. Bradford, England: Society of Dyers and Colourists.1997.

[6] Monschein, M., Iglesias Neira, J., Kunert, O., Bucar, F. Phytochemistry of heather (Calluna vulgaris (L.) Hull) and its altitudinal alteration. Phytochemistry reviews, 9,2, 205-215, 2010.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[7] ISO 105-C10. Textiles-Tests for Color Fastness-Part C10: Color Fastness to Washing with Soap or Soap and Soda, Test Condition: Test A (1). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 2006.

[8] ISO 105-X12. Textiles-Tests for Color Fastness-Part X12: Colour Fastness to Rubbing. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. 2016.

[9] ISO 105-E04. Textiles-Tests for Color Fastness - Part E04: Colour fastness to perspiration. Geneva, International Organization for Standardization. 2013.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

BİYO MATERYALLER İLE TEKSTİL BOYAMACILIĞI İÇİN ÇEVRE DOSTU BİR YAKLAŞIM

Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

Kayseri Üniversitesi, hbenli@kayseri.edu.tr

https://orcid.org/0000-0002-0510-6061

ÖZET

Son yıllarda tekstil materyallerinin renklendirilmesinde çevreye ve insana zarar vermeyen sürdürülebilir çevre dostu boyarmadde arayışlarının bir meyvesi olarak yeniden keşfedilen doğal boyarmaddeler üzerine yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, doğal boyarmadde kaynağı olarak yünlü kumaşların renklendirilmesinde Biberiye (*Salvia rosmarinus*) bitkisi kullanılmıştır. Genellikle biberiye bitkisi iğneli bir yapıya sahip olup tıbbi amaçla, baharat olarak ve süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. Boyarmadde olarak kullanılacak biberiye bitkisi kuru ve öğütülmüş olup mordan maddesi olarak $FeSO_4$ ve $CuSO_4$ metal tuzları ve bunların kombinasyonu kullanılarak 95°C'de 1 saat süreyle boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Boyama işleminden sonra "ılık yıkma-sabunlu yıkama-ılık yıkama-durulama" prosesi uygulanmış ve sonra oda sıcaklığında kurutulmuştur. Haki-Kahverengi-bej tonlarda renkler elde edilmiştir. Renkli numunelerin CIE *L*a*b** renk değerleri ve *K/S* değeri Konica Minolta marka spektrofotometri kullanılarak tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak boyanmış numunelerin yıkama ve sürtme haslık değerleri de test edilmiş olup 4-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, boyanmış numuneler için kabul edilebilir renk tonları ve haslık test elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, Doğal Boyalar, Biberiye (*Salvia rosmarinus*), Çevre dostu

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY APPROACH TO TEXTILE DYEING WITH BIOMATERIALS

Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

Kayseri University, hbenli@kayseri.edu.tr

https://orcid.org/0000-0002-0510-6061

ABSTRACT

In recent years, intensive research has been conducted on natural dyes, which have been rediscovered as a result of the search for sustainable, environmentally friendly dyes that do not harm the environment or humans in the coloring of textile materials. In this study, rosemary (*Salvia rosmarinus*) was used as a natural dye source for the dyeing of woolen fabrics. Rosemary has a needle-like structure and is generally used for medicinal purposes, as a spice, and as an ornamental plant. The rosemary plant used as the dye was dried and ground. The dyeing process was carried out at 95°C for 1 hour using $FeSO_4$ and $CuSO_4$ metal salts, or a combination of these, as mordants. After dyeing, a "warm wash-soap wash-warm wash-rinse" process was applied, and then it was dried at room temperature. Khaki, brown, and beige hues were obtained. The CIE *L*a*b** color values and *K/S* values of the colored samples were determined using Konica Minolta spectrophotometry. In addition, the washing and rubbing fastness values of the dyed samples were tested, and a score of 4-5 was obtained. As a result, acceptable color tones and fastness tests were achieved for the dyed samples.

Keywords: Textile, Natural Dyes, Rosemary (*Salvia rosmarinus*), Environmentally friendly

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

1. INTRODUCTION

As in many sectors, the textile sector continues to strive to diversify its market and increase sales by offering alternative products to customers. These efforts have gained momentum, particularly in recent years, with the increasing demand for environmentally friendly products. In addition to petroleum-based synthetic dyes, dyes and dyeing experiments derived from natural sources, albeit in small quantities, have attracted the attention of environmentally conscious consumers. Natural dyes can generally be obtained from various plant parts, such as bark, roots, stems, branches, and fruit (Cristea, 2006).

In this study, rosemary (Salvia rosmarinus) was used as a natural dye source. Rosemary is used today for a variety of purposes. One study identified some plants, including rosemary, as having high medicinal value due to compounds such as catechins, flavonoids, and phenolics (Zayan et al., 2025). Another study indicated that rosemary extracts can be used as natural antimicrobial and antioxidant agents (Klančnik et al., 2009). Rosemary is also a botanical treasure used in medicinal and culinary traditions, and among its numerous active compounds, rosemary has been reported to be a plant with various biological activities, including rosmarinic acid (Figure 1), phenolic diterpenes such as carnosic acid and carnosol, flavonoids, and essential oil (Meziane et al., 2025; Mena et al., 2016). Cesur (2025) reported that it can be used in the coloring of cotton fabrics. There have been different studies in the literature on the use of rosemary, and in this study, unlike these, it was used as a natural dye source in the coloring of woolen fabrics.

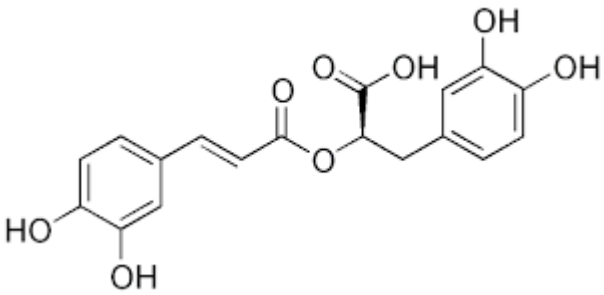
2. EXPERIMENTAL

2.1. Materials

In this study, 100% wool woven fabric, ready for dyeing, was used. Dried and ground rosemary leaves (Image 1), used as the dye source, were obtained from local sources.



Rosemary leaves



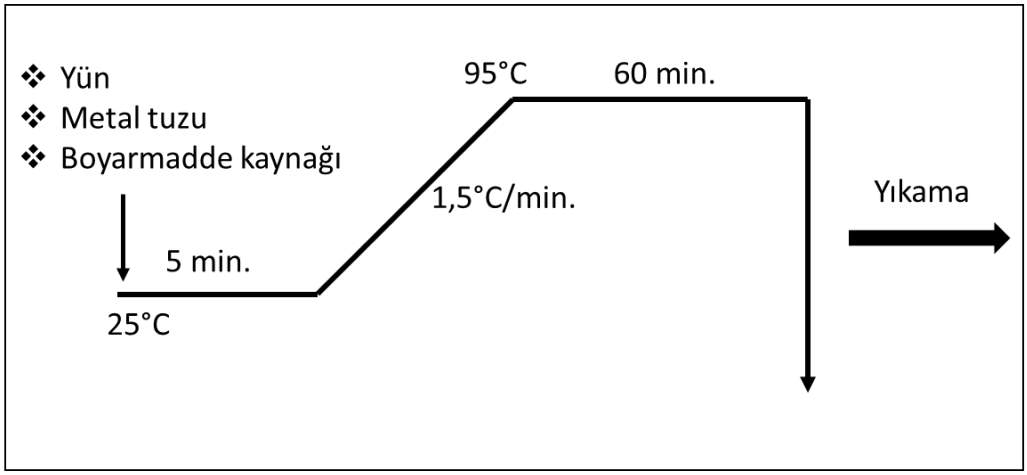
Rosmarinik asit

Image 1. Rosemary plant and its important active ingredient

2.2. Methods

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Studies were conducted on laboratory scales. 5% $FeSO_4 7H_2O$, $CuSO_4 5H_2O$, and 3% $K_2Cr_2O_7$ were used as metal salts of analytical purity. Dyeing processes were carried out using a combined mordant method (Benli et al., 2025). The weight of the wool fabric to be dyed (5 grams) was equal to the weight of the plant source (5 grams). The dye bath ratio was 1:20. The dyeing chart used for dyeing wool fabrics is presented in Figure 2. After the dyeing processes, the colored fabric was processed in the following sequence: overflow washing, hot soap washing (1 g/L nonionic soap), cold rinsing, and drying.



Visual 2. Dyeing chart of woolen fabrics

A Konica Minolta 3600d spectrophotometer was used to determine the color coordinates (*K/S* and *L*a*b**) of all dyed wool fabric samples. Here, *K/S* values were calculated using the Kubelka-Munk equation (1) (McDonald, 1997). Additionally, washing (ISO 105-C10), rubbing (ISO 105-X12), and perspiration (ISO 105-E04) fastness tests were applied to the colored samples.

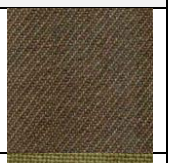
$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad eq.1$$

3. RESULTS

In this study, dried rosemary leaves were used as a natural dye source in the dyeing processes of wool fabrics. Environmentally friendly mordants and traditional mordants were used as metal salts in the dyeing processes. 5% $FeSO_4 7H_2O$, $CuSO_4 5H_2O$, and a combination of both, along with 3% $K_2Cr_2O_7$, were used as environmentally friendly mordants. The colors obtained after dyeing are presented in Table 1. Using $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ as the mordant resulted in a dark brown fabric color, while using $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ resulted in a dark green fabric color. When $FeSO_4 7H_2O$ and $CuSO_4 5H_2O$ were used together as mordants, the color was observed to be even darker, brown with a green hue. These results are confirmed by the K/S values. The K/S values were 14.31, 14.5, and 16.62, respectively. When $K_2Cr_2O_7$ was used as the traditional mordant, a dark beige color (K/S: 6.25) was achieved. While some researchers avoid using chromium salts because they can be harmful to the environment, traditional dyers still use them. Therefore, the dyeing process was conducted to examine the effects of chromium salts in this study.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

Table 1. CIE L*a*b* values of dyed fabrics

Mordant Types		*Color Coordinates*						*Dyed wool*
		K/S	*L**	*a**	*b**	*C**	*h°*	
Environmentally Friendly Mordant	$FeSO_4 7H_2O$	14,31	39,24	2,84	14,65	14,93	79,03	
	$CuSO_4 5H_2O$	14,5	46,25	-1,91	22,11	22,2	94,93	
	$FeSO_4 7H_2O$+ $CuSO_4 5H_2O$	16,62	40,9	0,95	18,94	18,97	87,13	
Traditional Mordant	$K_2Cr_2O_7$	6,25	56,38	1,91	22,73	22,81	85,19	

When the L* values are examined in light of the data in Table 1, the lowest values for environmentally friendly mordants are $FeSO_4 7H_2O$ < $FeSO_4 7H_2O$ + $CuSO_4 5H_2O$ < $CuSO_4 5H_2O$. Following dyeing with a traditional mordant, the L* value was determined to be 56.38. An a* value of -1.91 indicates that the fabric has a green hue when $CuSO_4 5H_2O$ is used. A b* value of 22.73 indicates yellow tones when $K_2Cr_2O_7$ is used as a traditional mordant.

Another characteristic of dyed fabrics is their colorfastness. Rubbing, washing, and perspiration fastness tests were applied to the samples, and the results are presented in Table 2. Rubbing fastness was tested in both dry and wet conditions, and for all dyeings, it was determined to be in the 4-4/5 range. Wet fastness values were half a point lower than dry fastness values.

Table 2. Color fastness test results of dyed fabrics

Mordant Type		*Rubbing*		*Washing*		*Perspiration*			
						Acidic			
		Dry	*Wet*	*Sta.*	*Alt.*	*Sta.*	*Alt.*	*Sta.*	*Alt.*
Environmentally Friendly Mordant	$FeSO_4 7H_2O$	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5
	$CuSO_4 5H_2O$	4/5	4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
	$FeSO_4 7H_2O$+ $CuSO_4 5H_2O$	4	4	4	4/5	4	4/5	4	4/5
Traditional Mordant	$K_2Cr_2O_7$	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4

Sta.: *Staining on wool,* ***Alt.:*** *Alteration*

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

In washing tests performed on dyed fabrics, both staining and color changes were examined. These values were determined to be in the 4-4/5 range for all dyeings. Perspiration fastness to colored fabrics was also tested in acidic and basic conditions. Dyed samples were tested against both acidic and basic artificial perspiration solutions, and values were determined to be in the 4-5 range. When all dyed samples were evaluated collectively, woolen fabric samples dyed with both environmentally friendly and traditional mordant materials achieved fastness test results in the 4-5 range. The results are considered to be quite sufficient in terms of fastness values.

4. CONCLUSIONS

This study explored the possibilities of dyeing 100% wool woven fabric samples with an environmentally friendly approach. For this purpose, rosemary leaves were used as an innovative natural dye source. Environmentally friendly mordants $FeSO_4 7H_2O$, $CuSO_4 5H_2O$, and their combinations were also used as metal salts to increase dyeing efficiency. It was observed that sufficient levels of color could be achieved in terms of the resulting color tones. Furthermore, the colorfastness values of the dyed fabric samples were as high as 4-5 points. Based on these data, it was demonstrated that wool woven fabrics with sufficient color and fastness properties can be obtained by using rosemary leaves and environmentally friendly mordants. It is believed that future studies should also investigate the antibacterial, antioxidant, and UV protection properties of dyed wool fabrics.

REFERENCES

[10] Benli, H., Selvi, E. K., Aydınlıoğlu, Ö., Bahtiyari, M. İ. Woollen fabric design with bioactive properties using Anatolian sweetgum tree (Liquidambar orientalis L.) leaves and fruits. Coloration Technology. (In press), 2025. https://doi.org/10.1111/cote.70019

[11] Cesur, I., *Plazma uygulaması ile ön işlem uygulanan pamuklu tekstil ürünlerinin bitkisel kaynaklı doğal boyarmaddelerle renklendirilmesi ve uygulanan işlemlerin haslık, UV koruma ve antibakteriyel özellik üzerine etkisinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2025.

[12] Cristea, D., Vilarem, G. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. *Dyes and Pigments*, 70,3, 238-245, 2006.

[13] Klančnik, A., Guzej, B., Kolar, M. H., Abramovič, H., Možina, S. S. In vitro antimicrobial and antioxidant activity of commercial rosemary extract formulations. Journal of Food Protection, 72,8, 1744-1752, 2009.

[14] Mena, P., Cirlini, M., Tassotti, M., Herrlinger, K. A., Dall'Asta, C., Del Rio, D. Phytochemical profiling of flavonoids, phenolic acids, terpenoids, and volatile fraction of a rosemary (Rosmarinus officinalis L.) extract. Molecules, 21,11, 1576, 2016.

[15] Meziane, H., Zraibi, L., Albusayr, R., Bitari, A., Oussaid, A., Hammouti, B., Touzani, R. Rosmarinus officinalis Linn.: unveiling its multifaceted nature in nutrition, diverse applications, and advanced extraction methods. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences, 11,1, 9-37, 2025.

[16] McDonald R. Recipe prediction for textiles. In Colour physics for industry, ed. R. McDonald, 121-208. Bradford, England: Society of Dyers and Colourists.1997.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7

[17] ISO 105-C10. Textiles-Tests for Color Fastness-Part C10: Color Fastness to Washing with Soap or Soap and Soda, Test Condition: Test A (1). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 2006.

[18] ISO 105-X12. Textiles-Tests for Color Fastness-Part X12: Colour Fastness to Rubbing. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. 2016.

[19] ISO 105-E04. Textiles-Tests for Color Fastness - Part E04: Colour fastness to perspiration. Geneva, International Organization for Standardization. 2013.

[20] Zayan, M. M., Hassanien, M. K., Salm, O. A., Abdnaiem, S. M., Mohamed, A. S., Saeed, M. A., ... & Shalaby, E. A. Evaluation of antioxidant potential and active compounds of selected wild plants using four different assays. Food and Humanity, 4, 100476, 2025.

ISBN NR. : 978-625-5694-44-7