

EL RUHA

15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCH



August 18-19, 2026



Şanlıurfa, Türkiye



EDITOR

Dr. Aziz İLGAZİ



ISBN: 979-8-89695-518-4

EL RUHA

15th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON SCIENTIFIC RESEARCH



August 18-19, 2026



Şanlıurfa, Türkiye

EL RUHA
15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC
RESEARCH

August 18-19, 2026 / Şanlıurfa, Türkiye



30.08.2026

Liberty Publishing House

Water Street Corridor New York, NY 10038

www.libertyacademicbooks.com

+1 (314) 597-0372

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

© Liberty Academic Publishers 2026

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

adopted by Mariam Rasulan

PROCEEDINGS BOOK

ISBN: 979-8-89695-518-4

CONFERENCE ID

CONFERENCE TITLE

**EL RUHA 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SCIENTIFIC RESEARCH**

DATE AND PLACE

August 18-19, 2026 / Şanlıurfa-Türkiye

ORGANIZATION

İKSAD INSTITUTE

EDITOR

Dr. Aziz İLGAZİ

PARTICIPANTS COUNTRY (12 countries)

**TÜRKİYE, ROMANIA, ALBANIA, MOROCCO, PAKISTAN, MALAYSIA,
NIGERIA, ALGERIA, INDIA, UZBEKISTAN, INDONESIA, KOSOVO**

Total Accepted Article: 44

Total Rejected Papers: 18

Accepted Article (Türkiye): 21

Accepted Article (Other Countries): 23

ISBN: 979-8-89695-518-4

EL RUHA
15th INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH
August 18-19, 2026
Şanlıurfa, Türkiye

31.08.2026

REF: Akademik Teşvik

İlgili makama;

EL RUHA 15. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 18-19 Ağustos 2026 tarihleri arasında Şanlıurfa’da 12 farklı ülkenin (Türkiye 21 bildiri- Diğer ülkeler 23 bildiri) akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir

Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen “Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır.” değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,

Saygılarımla



Prof. Dr. Hasan ÇİFTÇİ
On behalf of the Organizing Committee

Please, visit the conference web address to find more information about the event:

<https://www.elruha.org/>



T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Birecik Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü

Sayı : E-23449751-900-583113
Konu : Kongre Düzenleme Kurulu Üyeliği (Prof.
Dr. Hasan ÇİFTÇİ hk.)

27.04.2026

PAZARLAMA VE REKLAMCILIK BÖLÜM BAŞKANLIĞINA

İlgi : Harran Üniversitesinin (Pazarlama ve Reklamcılık Bölüm Başkanlığı) 27 Nisan 2026 tarihli ve E-26507229-900.001-582754 sayılı yazısı.

İlgi yazı ile ; 2026 yılında IKSAD Enstitüsü tarafından Online ve Yüz yüze organize edilecek olan Bilimsel etkinliklerde ve Kongrelerde Düzenleme Kurulu Üyesi ve Akademisyen Temsilci olarak görev almanız birimimiz tarafından uygun karşılanmış olup;
Gereğini rica ederim.

Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Nedim AĞAÇKESEN
Müdür

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

Prof. Dr. Hasan ÇİFTÇİ
Harran University, Türkiye

Dr. Basim Mohammad Ali Aldahadha
Mutah University, Jordan

Dr. Anis BEN ALI
University of Tunis, Tunisia

Dr. Mariam Sheddahi OLSSON
Lebanese University, Lebanon

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ERİŞ
Harran University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Veysel DELEN
Harran University, Türkiye

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

Dr. Ahmad Sharif FAKHEER

Beirut University, Lebanon

Dr. Francesco Fatone

University of Verona, Italy

Dr. Zhihuan MENCHUANG

Renmin University of China, China

Dr. Anis BEN ALI

University of Tunis, Tunisia

Dr. Orhun Burak SOZEN

Gaziantep University, Türkiye

Dr. Guray ALPAR

Turkish Armed Forces, Türkiye

Dr. Didem ATIS

Sakarya University, Türkiye

Dr. Fethi DEMIR

Van Yüzüncü Yıl University, Türkiye

Dr. Maha Hamdan ALANAZI

King Abdullah University, Riyadh, Saudi Arabia

Dr. DIPANWITA PAL
The University of Burdwan, India

Dr. Tamalika SULTANA
University of Dhaka, Bangladesh

Dr. Ludmila MEDVEDEVNA
Russian Academy of Sciences, Russia

Dr. Kaan DİYARBAKIRLIOĞLU
Yalova University, Türkiye

Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA
Kyrgyz Economic University, Kyrgyzstan

MUHAMMAD SHOAIB KHAN PATHAN
Shah Abdul Latif University, Khairpur, Pakistan

Dr. Osman SİRKECİ
Giresun University, Türkiye

Dr. Kamuran Elbeyoğlu
Mersin University, Türkiye

Dr. Emine GÜNERİ
Erciyes University, Türkiye

Dr. Osman ALTAY
Beykent University, Türkiye

Dr. Bhakta Bandhu Dash
ASBM University, India

Dr. Celal ASLAN
Van Yüzüncü Yıl University, Türkiye

Dr. Doğan KUTUKIZ
Muğla Sıtkı Koçman University, Türkiye

Dr. Aslı Saylan KIRMIZIGÜL
Erciyes University, Türkiye

Dr. Faruk TÜRK
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Dr. Hakan EYGÜ
Atatürk University, Türkiye

Dr. Faruk DÜNDAR
University of Glasgow, United Kingdom

Dr. Rui Alberto da Silva Martins Isidoro
Polytechnic Institute of Beja, Portugal

PHOTO GALLERY



PHOTO GALLERY



Galaxy Note20 Ultra

PHOTO GALLERY



PHOTO GALLERY



PHOTO GALLERY



PHOTO GALLERY

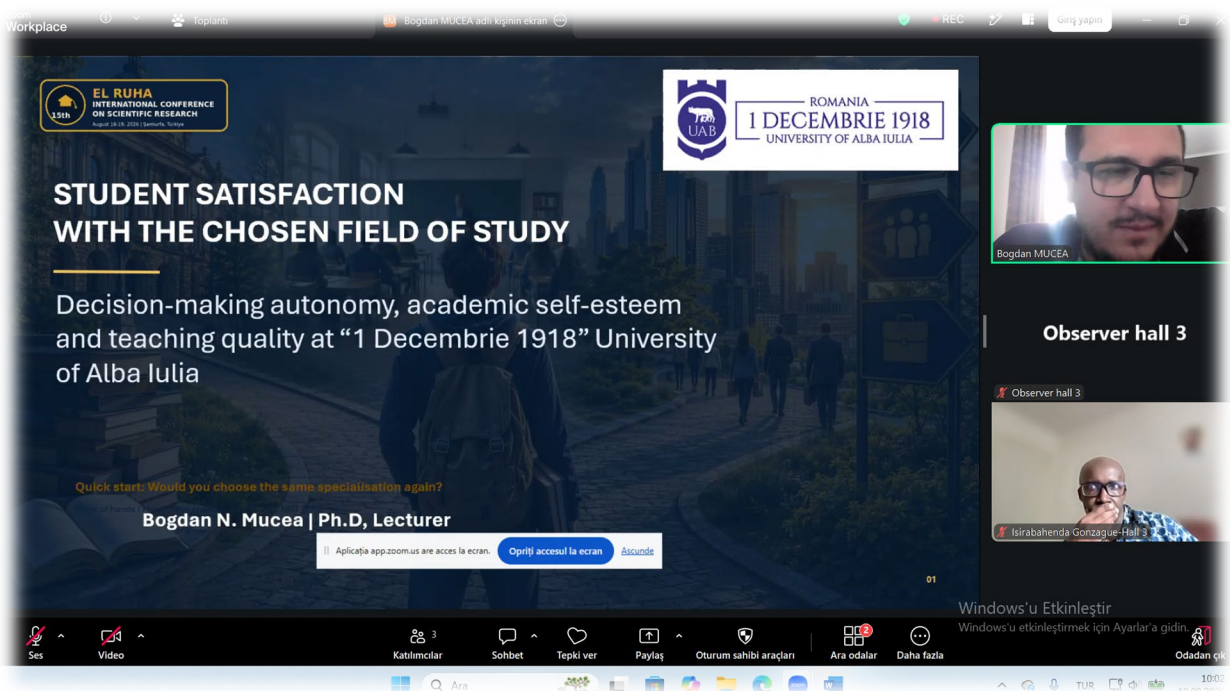
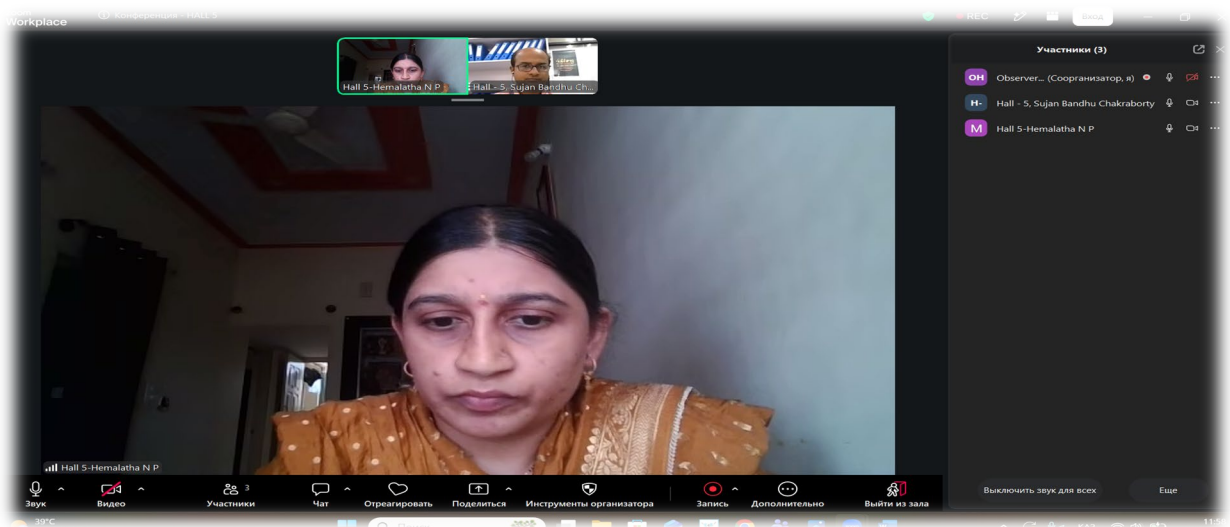
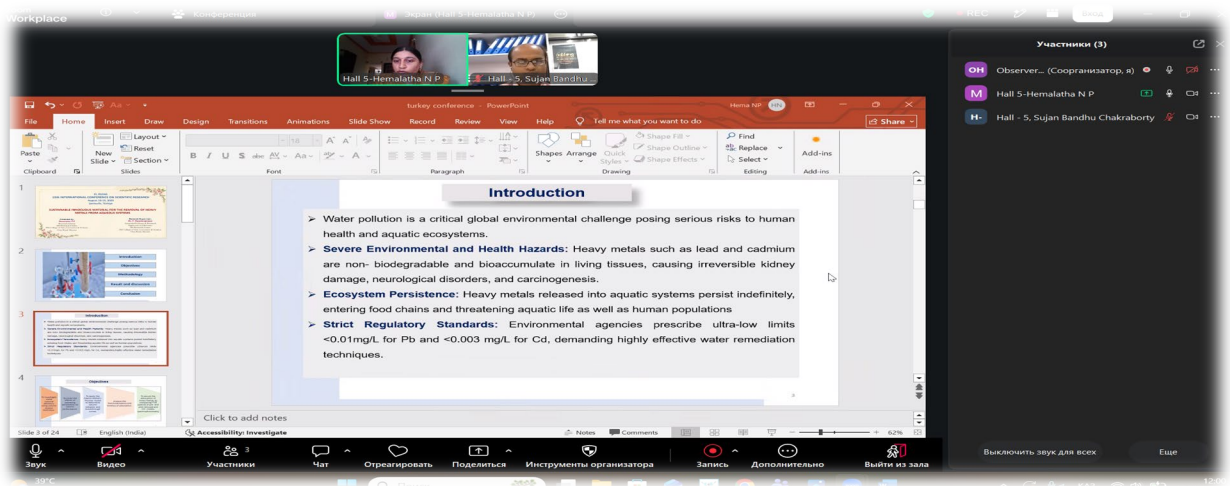


PHOTO GALLERY

Workplace Toplantı Bogdan MUCEA adlı kişinin ekranı REC Giriş yapın

Objectives, research questions and hypotheses

From measuring satisfaction to testing an explanatory model

General objective

Measure UAB students' satisfaction with their chosen specialisation and analyse its relationship with internal and contextual factors.

RQ1

Which factors are associated with satisfaction, and which retain unique explanatory power in the joint model?

RQ2

Does satisfaction vary systematically by year of study?

Key hypotheses

- H0** Satisfaction is positively associated with the intention to work in the field.
- H1** Autonomy increases satisfaction; pressure would reduce it.
- H3-H5** Self-esteem, employability and teaching quality increase satisfaction.
- H6** Contextual factors add explanatory power beyond internal factors.
- H7** Satisfaction mediates the effect of teaching quality on career intention.

INTERACTIVE Live check: mark in green the Aplicatia app.zoom.us are acces la ecran. [Opriți accesul la ecran](#) [Ascunde](#)

Student satisfaction with the chosen field of study (UAB) 2 atanmamış katılımcı 64

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturma sahibi araçları Ara odalar Daha fazla Odadan çık

Windows'u Etkinleştir Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.

Workplace Toplantı Isirabahenda Gonzague-Hall 3 ad. REC Giriş yapın

EL RUHA 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCH

18-19 August 2026, Şanlıurfa (Türkiye)

BEYOND EMPLOYMENT OPPORTUNITIES: OUTSOURCING, GRADUATE PRECARIY, AND WORK-FAMILY BALANCE IN THE DIGITAL ECONOMY

Gonzague ISIRABAHENDA, PhD
Faculty of Law and Social Sciences

 UNIVERSITATEA 1 DECEMBRIE 1918 DIN ALBA IULIA

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturma sahibi araçları Ara odalar Daha fazla Odadan çık

Windows'u Etkinleştir Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.

PHOTO GALLERY

Workplace Meeting Hall 4 - Muhammad Hanafi's screen

3. METHODOLOGY

EXPERIMENTAL FRAMEWORK FOR MICROALGAL BIOELECTRICITY EVALUATION

1 ALGAE CULTURING

Three species were cultured using BG11 medium:

- *Phormidium* sp.
- *Alkalinema* sp.
- *Chlorella vulgaris*

Cultures were maintained for 4 weeks before harvesting.

2 BIOELECTRIC CELL PREPARATION

After 4 weeks, algae cultures were centrifuged and used as the positive electrolyte. Fresh BG11 medium was used as the negative control. Electrodes tested:

- Zinc (Zn)
- Nickel (Ni)

Bioelectric cells were prepared as half-cell systems.

3 BIOELECTRICITY MEASUREMENT

Each half-cell was connected to a Battery Testing System (BTS). Voltage was monitored continuously for 24 hours. Data were recorded using BTSDA software (Logan & Rabaey, 2012; Pandit et al., 2014).

4 VOLTAGE CALCULATION

Net Voltage = Algal Culture Voltage – BG11 Control Voltage

Discharge profiles were generated for:

- 3 algae species
- 2 electrode materials

The results were used to compare bioelectricity performance between species and electrodes.

EXPERIMENTAL FLOW

Algae Culture (4 weeks) → Centrifugation → Bioelectric Half-Cell → Zn / Ni Electrodes → 24 h BTS Measurement → Voltage & Discharge Profile Analysis

This methodology enables systematic evaluation of microalgal bioelectricity under controlled laboratory conditions.

Observer hall 4

Hall 4 Maria BENMAMMAR

Observer hall 4

Hall 4- Neha K M

Hall 4 - Muhammad Hanafi

Hall 4 - Neha K M

Hall 4 Shilpashree...

Hall 4 Shilpashree K J

29°C

Participants Chat React Breakout rooms Share Host tools Record More Leave room

10:02 AM 8/19/2024

Workplace Meeting Hall 4 Maria BENMAMMAR's screen



UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY HOUARI BOUMEDIENE (USTHB)



PSO-Tuned Fractional-Order PID Control for Robust Tip Position Tracking of a Single-Link Flexible Manipulator

Maria BENMAMMAR¹ • Samir LADACI² • Moufid MANSOUR¹

¹ Laboratory of Robotics, Parallelism and Embedded Systems (LRPE), Department of Automatic Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Science and Technology Houari Boumediene (USTHB), Algiers, Algeria

² Department of Automatic Control Engineering, Ecole Nationale Polytechnique, El Harrach, Algiers, Algeria

 **EL RUHA 15th International Conference on Scientific Research**
August 18–19, 2026 • Şanlıurfa, Türkiye

Observer hall 4

Hall 4 Maria BENMAMMAR

Observer hall 4

Hall 4 - Muham...

Hall 4 - Muhammad Hanafi

Hall 4- Neha K M

Hall 4 - Neha K M

29°C

Participants Chat React Breakout rooms Share Host tools Record More Leave room

10:09 AM 8/19/2024

PHOTO GALLERY

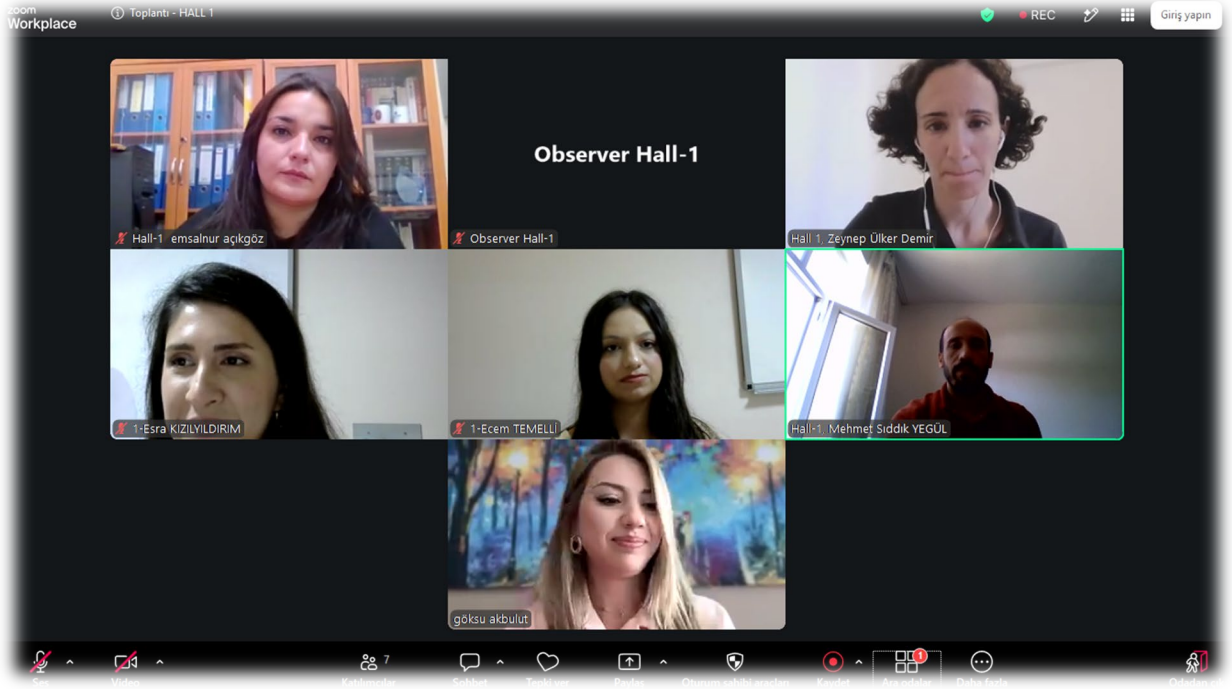
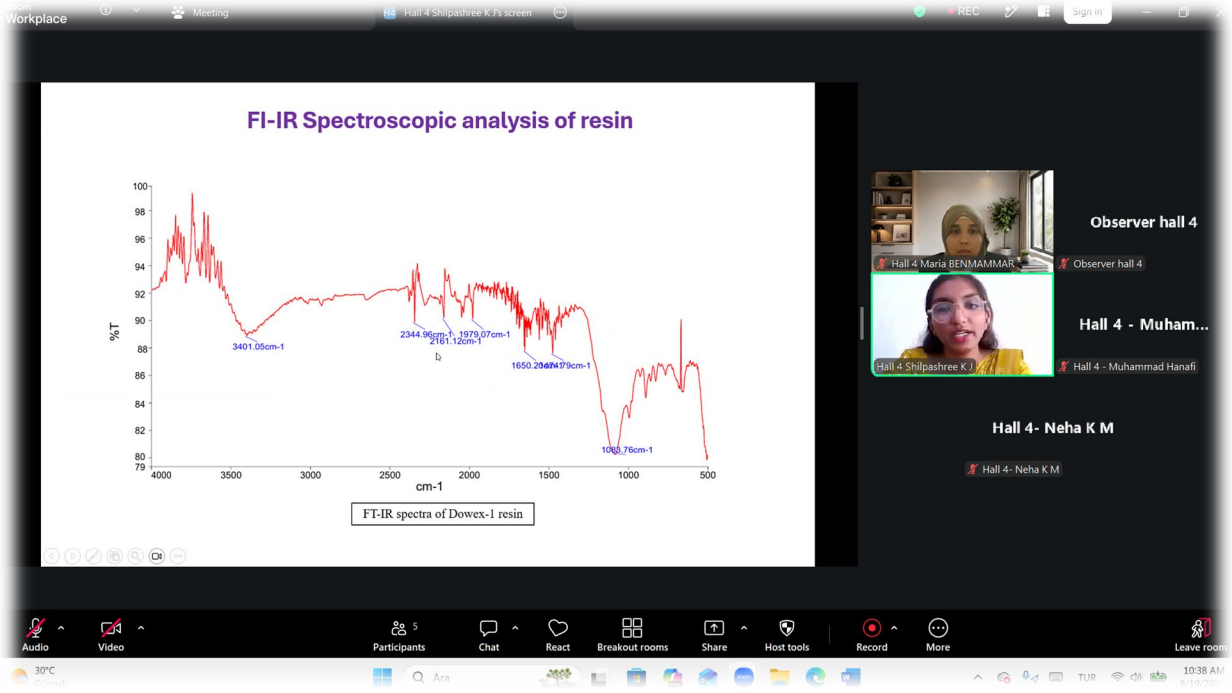


PHOTO GALLERY

Zoom Workplace

Toplantı

H1 Hall 1, Zeynep Ülker Demir adlı ki: Giriş yapın

Menu

NOVEL TRAGACANTH ...

+

Create

All tools

Edit

Convert

E-Sign

Find text or tools

Sign in

Share

Observer Hall-1

Observer Hall-1

Hall-1, Zeynep Ülker Demir

göksu akbulut

Hall-1, Mehmet...

Hall-1, Mehmet Siddik YEGÜL

Nanostructured Aerogels

GEL

- comes from gelatin
- a solid material
- does not flow
- mostly LIQUID
- three dimensional
- cross-linked polymer inside

LIQUID AIR

↑ ↓

Supercritical Drying

AEROGEL



August 19, 2026

3

www.gtu.edu.tr

[illegible]

PHOTO GALLERY

GİRİŞ

Ekllemeli İmalat ve Birleştirme İhtiyacı

Ekllemeli imalat (AM), karmaşık geometrileri hızlı ve düşük malzeme kaybıyla üretir; otomotiv, havacılık, biyomedikal ve savunma sanayilerinde yaygınlaşmıştır.

- Baskı hacmi sınırı**
Büyük parçalar tek seferde üretilemiyor
- Karmaşık montaj**
Çok parçalı yapıların birleştirilmesi
- Onarım ihtiyacı**
Hasarlı bileşenlerin yerinde tamiri

Çözüm: Yapıştırıcı ile

- ✓ Hafif yapılar oluşturur
- ✓ Gerilmeyi geniş alana yayar
- ✓ Farklı malzemeleri birleştirir
- ✓ Yüzey bütünlüğünü korur

Amaç: Mekanik performansı etkileyen faktörleri güncel literatürle sistematik incelemek.

NUMERICAL SETUP AND SOLV

SU2 RANS Configuration — Comparison with AGARD Case

FLOW CONDITIONS AND SOLVER

- $M_\infty = 0.730$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$
- Turbulence: k- ω SST closure
- Roe flux-difference splitting, 3rd-order MUSCL
- Implicit Euler, CFL = 10 $\rightarrow$ 0.1 (adaptive)
- O-type mesh, far-field boundary at 100c
- Convergence: 3-order drop in density residual

Mesh independence:
Fine mesh vs. extra-fine: $\Delta C_L < 0.001\%$, $\Delta C_D < 0.083\%$
— selected as the production mesh.

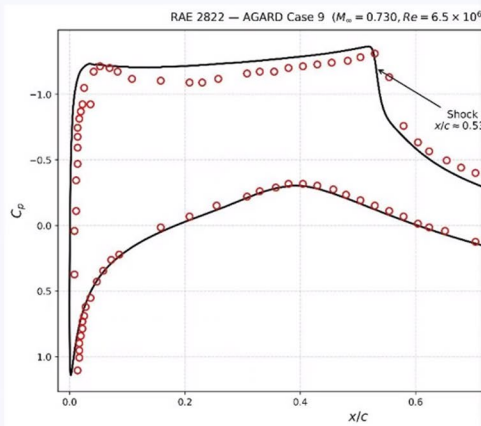


Figure 3 - Surface pressure coefficient (C_p) on the RAE 2822 baseline: SU2 RANS vs. experimental data (Cook et al., 1977). The upper-surface shock is well captured at $x/c = 0.531$.

PHOTO GALLERY

Geometrik bezemeli: Kat. No. 1, 2, 4, 5, 6, 8	     	Giriş yapın
Figürlü: Kat. No. 7, 10	  	Hall - 2 Faruk SEZER Hall 2 mehmet şah Gültekin
Yazılı / harf grupları bulunan: Kat. No. 3, 7, 9, 10	   	Hall-2 Şeyma Nur Çolbay
Diñi sembollü: Kat. No. 11, 12	   	Hall-2, Halime Nisa Semiz

**MALZEME**

Fiber Takviyeli Kompozit Türleri



Karbon Fiber

PLA · ABS · PETG · PA

Yüksek rijitlik ve dayanım/ağırlık;
havacılık, otomotiv, robotik



Cam Fiber

ABS · PETG · PA

Düşük maliyet, iyi termal kararlılık;
endüstriyel parça ve aparatlar



Doğal Fiber

PLA · biyobazlı

Keten/kenevir/bambu —
yenilenebilir, çevreci; yeşil üretim



Sürekli Kevlar Fiber

Termoplastik

Yük yolu boyutunu
çekme/eğilme

Ayrıca Aramid fiber: yüksek darbe dayanımı ve düşük ağırlık — savunma ve özel mühendislik uygulamaları.



El Ruha 15. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi - Şanlıurfa, 2026

4



EL RUHA

15th

INTERNATIONAL
CONFERENCE
ON SCIENTIFIC RESEARCH



AUGUST 18-19, 2026



ŞANLIURFA, TÜRKİYE



PROGRAM



INTERNATIONAL



SCIENTIFIC



COLLABORATION



INNOVATION



EL RUHA 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCH

*August 18-19, 2026
Şanlıurfa, Türkiye*

CONGRESS PROGRAM

Zoom Meeting ID: 897 0755 8402

Zoom Passcode: 123456

<https://us02web.zoom.us/j/89707558402?pwd=qTLqmqNlKb0Zmkudxgzla11qdBH6y2.1>

Participant Countries (12):

Türkiye, Romania, Albania, Morocco, Pakistan, Malaysia, Nigeria, Algeria, India, Uzbekistan,
Indonesia, Kosovo

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

Önemli, Dikkatle Okuyunuz Lütfen

- ✓ Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- ✓ Online sunum yapabilmek için <https://zoom.us/join> sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- ✓ Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- ✓ Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- ✓ Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışıyor.
- ✓ Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden 15 dk öncesinde oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
- ✓ Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.
- ✓ Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

Dikkat Edilmesi Gerekenler- TEKNİK BİLGİLER

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

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- ✓ To be able to attend a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- ✓ The Zoom application is free and no need to create an account.
- ✓ The Zoom application can be used without registration.
- ✓ The application works on tablets, phones and PCs.
- ✓ The participant must be connected to the session 15 minutes before the presentation time.
- ✓ All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- ✓ Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

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

Before you login to Zoom please indicate your name_surname and HALL number,
exp. Hall-1, Merve KIDIRYUZ

18.08.2026 / IN-PERSON SESSION

Ankara Local Time: 11:00 – 12:00

**Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Sosyal Girişimcilik Uygulama ve Araştırma
Merkezi (Kütüphane içerisi)**

HEAD OF SESSION: Dr. Aziz İLGAZİ

Title	Author(s)	Affiliation
HEAVY-DUTY VEHICLES MIRRORCAM® SYSTEM DESIGN AND DEVELOPMENT: OPERATING PRINCIPLE, TECHNICAL FEATURES, SAFETY ADVANTAGES, AND IMPACTS ON FUEL EFFICIENCY	Veysel Karani YILMAZ Yusuf Tuna BİRER Sezer SAĞLAM Rifat AKGÜL Ahmet AVCI	Selçuk University, Türkiye Aksaray University, Türkiye KTO Karatay University, Türkiye Mercedes Benz Türk A.Ş., Türkiye
FACTORS ASSOCIATED WITH BRAKE SYSTEM FAILURES IN TRUCKS AND FIELD APPLICATIONS	Veysel Karani YILMAZ Yusuf Tuna BİRER Sezer SAĞLAM Rifat AKGÜL Ahmet AVCI	Selçuk University, Türkiye Aksaray University, Türkiye KTO Karatay University, Türkiye Mercedes Benz Türk A.Ş., Türkiye
EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION ON THE YIELD PARAMETERS OF ROCKET (ERUCA SATIVA L.) GROWN IN GREENHOUSE CONDITIONS	M.Sc. Student Radwa Shawky Mohamed Monir MAHMOUD Prof. Dr. Yasemin KUŞLU	Benha University Atatürk University
EFFECT OF ROOT GROWTH PROMOTING BACTERIA ON ROCKET PLANTS (ERUCA SATIVA L.) GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS	M.Sc. Student Radwa Shawky Mohamed Monir MAHMOUD Prof. Dr. Yasemin KUŞLU	Benha University Atatürk University
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		

19.08.2026 / Online Session, Hall-1
Ankara Local Time: 10:00 – 12:00
Meeting ID: 897 0755 8402 / Passcode: 123456
Moderator: Assist. Prof. Zeynep Ülker Demir

Title	Author(s)	Affiliation
DEVELOPMENT OF A SCALE TO MEASURE PRONE TO MEDICAL ERRORS AMONG PARAMEDIC STUDENTS	Exp. Lect. Dr Merve EKİNCİ Lect. Dr. Hasan YEŞİLAĞAÇ Lect.Dr.Özlem KARAGÜN Lect.Dr. Veyis TAŞIN Res. Göksu AKBULUT Res. Aslı ASLAN Lect. Ayşe YAVUZ DERMAN	Başkent University, Türkiye
PAIN MANAGEMENT AND NURSING INTEGRATION BY PARAMEDICS IN PEDIATRIC PATIENTS	Lect.Dr. Özlem KARAGÜN Exp. Lect.Dr Merve EKİNCİ Eda SAĞEL Exp. Lect. Konca KAYA Lect Caner İNCEKAŞ	Başkent University, Türkiye Adana Provincial Health Directorate, Türkiye
A RHETORICAL ANALYSIS OF THE STYLE OF EMPHASIS (TAWKİD) IN THE DIALOGUES BETWEEN MOSES AND PHARAOH İN SÜRAT AL-A'RAF	Dr. Lect. Mehmet Sıddık YEGÜL	Çukurova University, Türkiye
RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEDIATRIC PATIENTS WITH POISONING PRIMARILY TRANSPORTED BY THE 112 EMERGENCY MEDICAL SERVICES	Exp. Dr. Ümit Alper ÖZCAN Exp. Dr. Esmâ KIR	Ankara Bilkent City Hospital, Türkiye University of Health Sciences, Türkiye
RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEDIATRIC PATIENTS WITH ABDOMINAL PAIN PRIMARILY TRANSPORTED BY THE 112 EMERGENCY MEDICAL SERVICES	Exp. Dr. Ümit Alper ÖZCAN Exp. Dr. Esmâ KIR	Ankara Bilkent City Hospital, Türkiye University of Health Sciences, Türkiye
AEROGELS AS MULTIFUNCTIONAL NANOPOROUS MATERIALS FOR THERMAL INSULATION AND DRUG DELIVERY	Assist. Prof. Zeynep Ülker Demir	Gebze Technical University, Türkiye
SEDANTER BİREYLER VE DÜZENLİ EGZERSİZ YAPAN BİREYLER ARASINDA KRONİK MUSKULOSKELETAL AĞRI VE YAŞAM KALİTESİ İLİŞKİSİ	Exp. Lect. Konca KAYA Ecem TEMELLİ Bengisu BADAY Şeymanur ÇOĞAL R.Sinem BALCI Meliha BERDAN Merve EKİNCİ Ayşe YAVUZ DERMAN Pınar DORUK ANALAN	Başkent University, Türkiye
LUMBAL DİSK HERNİLİ HASTALARDA KONSERVATİF FİZİK TEDAVİ UYGULAMALARININ UYKU KALİTESİ, FONKSİYONELLİK VE AĞRI ÜZERİNE ETKİSİ	Exp. Lect. Konca KAYA Esra KIZILYILDIRIM Perihan Nur KOKUTAY Büşra AKTAŞ R.Sinem BALCI Meliha BERDAN Merve EKİNCİ Ayşe YAVUZ DERMAN Pınar DORUK ANALAN	Başkent University, Türkiye
FAECAL SHORT-CHAIN FATTY ACIDS IN RATS AND THEIR IMPORTANCE	Ph.D.(c.) Emsalnur AÇIKGÖZ Assoc. Prof. Dr. Beyza SUVARIKLI ALAN	Selcuk University, Türkiye

Prof. Dr. Seyfullah HALİLOĞLU

All participants must join the conference 10 minutes before the session time.
Every presentation should last not longer than 10-12 minutes.
Kindly keep your cameras on till the end of the session.

19.08.2026 / Online Session, Hall-2
Ankara Local Time: 10:00 – 12:00
Meeting ID: 897 0755 8402 / Passcode: 123456
Moderator: Assist. Prof. Dr. Faruk SEZER

Title	Author(s)	Affiliation
EKLEMELİ İMALATLA ÜRETİLEN POLİMER PARÇALARIN YAPIŞTIRICI İLE BİRLEŞTİRİLMESİNDE MEKANİK PERFORMANSI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ	Dr. Mehmet Şah GÜLTEKİN	Siirt University, Türkiye
EKLEMELİ İMALAT İLE ÜRETİLEN FİBER TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERDE MEKANİK PERFORMANSIN GELİŞTİRİLMESİ: MALZEME, ÜRETİM PARAMETRELERİ VE GELECEK EĞİLİMLERİ ÜZERİNE BİR DERLEME	Dr. Mehmet Şah GÜLTEKİN	Siirt University, Türkiye
AN EVALUATION OF A GROUP OF BYZANTİNE-PERİOD SEALS FROM THE SELÇUK UNIVERSITY MUSEUM	Şeyma Nur ÇÖLBAY	Selçuk University, Türkiye
MEDAL AND DECORATIONS IN THE COLLECTION OF THE SELÇUK UNIVERSITY MUSEUM	Halime Nisa SEMİZ	Selçuk University, Türkiye
DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED CST-SU2 FRAMEWORK FOR TRANSONIC SUPERCRITICAL AIRFOIL VARIANT GENERATION	Res. Assist. Dr. Burhan Necati KIZILOĞLU Assist. Prof. Dr. Yunus ÇELİK	Sivas University of Science and Technology, Türkiye
BEYOND THE RATIONAL AGENT: A BIBLIOMETRIC ROADMAP OF SOCIAL PREFERENCES IN MICROECONOMIC GAMES	Assist. Prof. Dr. Faruk SEZER	Bayburt University, Türkiye
BIBLIOMETRIC MAPPING OF THE BEHAVIORAL FINANCE AND COGNITIVE BIASES LITERATURE	Assist. Prof. Dr. Faruk SEZER	Bayburt University, Türkiye
EVALUATION OF THE ETHNOBOTANICAL, PHYTOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SUMAC (RHUS CORIARIA L.) CONSUMED AS A SPICE AND DIETARY SUPPLEMENT IN ŞANLIURFA (TÜRKİYE)	Assoc. Prof. Dr. Mustafa ASLAN	Harran University, Türkiye

All participants must join the conference 10 minutes before the session time.
Every presentation should last not longer than 10-12 minutes.
Kindly keep your cameras on till the end of the session.

19.08.2026 / Online Session, Hall-3
Ankara Local Time: 10:00 – 12:00
Meeting ID: 897 0755 8402 / Passcode: 123456
Moderator: Dr. Ambreen Anjum

Title	Author(s)	Affiliation
STUDENT SATISFACTION WITH THE CHOSEN FIELD OF STUDY: DECISIONAL AUTONOMY, ACADEMIC SELF-ESTEEM AND TEACHING QUALITY	Bogdan N. Mucea	11 Decembrie 1918 University of Alba Iulia, Romania
EXPOSURE TO FOREIGN EXCHANGE RISK AND THE IMPACT OF EXCHANGE RATE FLUCTUATIONS ON THE STABILITY OF THE ALBANIAN BANKING SYSTEM	Kristal Hykaj Ardita Hykaj	Mediterranean University, Albania
BEYOND EMPLOYMENT OPPORTUNITIES: OUTSOURCING, GRADUATE PRECARIETY, AND WORK-FAMILY BALANCE IN THE DIGITAL ECONOMY	Isirabahenda Gonzague	11 Decembrie 1918 University of Alba Iulia, Romania
DEVELOPMENT OF CHITOSAN–ZNO–GHASSOUL CLAY BIOHYBRID BEADS FOR PHOTOCATALYTIC DYE DEGRADATION AND CU(II) PHOTOREDUCTION	Soukaina El Bourachdi Abdelhay El Amri Mahdi Lechheb Yassine Rakcho Ilham Naghoum Amal Lahkimi	Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco Mohammed VI Polytechnic University, Morocco Moulay Ismail University, Morocco Abdelmalek Essaâdi University, Morocco
IMPACT OF EXERCISE ADHERENCE AND WORK-LIFE BALANCE ON EMPLOYEES PERFORMANCE	Dr. Ambreen Anjum Kshaf Nasir	Virtual University of Pakistan, Pakistan Lahore College for Women University, Pakistan
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		

19.08.2026 / Online Session, Hall-4
Ankara Local Time: 10:00 – 12:00
Meeting ID: 897 0755 8402 / Passcode: 123456
Moderator: Maria BENMAMMAR

Title	Author(s)	Affiliation
BIO-HYBRID URBAN INFRASTRUCTURE: SYNERGIZING MICROALGAL ELECTROCHEMICAL CELLS AND PHOTOVOLTAICS IN LANDSCAPE ARCHITECTURE	Rashidi Othman Muhammad Hanafi Ismail Wan Syibrah Hanisah Wan Sulaiman	International Islamic University Malaysia, Malaysia
1,3-DIPOLAR CYCLOADDITIONS FOR THE SYNTHESIS OF BIOACTIVE NITROGEN HETEROCYCLES: REACTIVITY, STRUCTURE-ACTIVITY APPROACH AND IN-SILICO STUDIES	Yassine Koubi Tahar Lakhlifi Mohammed Bouachrine	Moulay Ismail University, Morocco
EFFECT OF SELECTED WEED AND SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ON CARBON SEQUESTRATION	EWETOLA Esther. A. AND ADEKUNLE Adebola B.	Ladoke Akintola University of Technology, Nigeria
PERCEIVED BENEFITS OF EXCLUSIVE BREASTFEEDING OUTCOME AMONG MOTHERS ATTENDING IMMUNIZATION UNIT OF MURTALA MUHAMMAD SPECIALIST HOSPITAL, KANO STATE, NIGERIA.	Sumayyah Bala Abdullahi RN, RM, BNSC, PGDE MSc Public Health Nursing (in View) Abdullahi Dahiru RN, PhD	Bayero University Kano State, Nigeria Lincoln University, Malaysia
PSO-TUNED FRACTIONAL-ORDER PID CONTROL FOR ROBUST TIP POSITION TRACKING OF A SINGLE-LINK FLEXIBLE MANIPULATOR	Maria BENMAMMAR Samir LADACI Moufid MANSOUR	University of Science and Technology Houari Boumediene, Algeria Department of Automatic Control Engineering, Algeria
SUSTAINABLE DIGITAL IMAGING RGB COLORIMETRIC AND VISIBLE SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR THE DETERMINATION OF GALANTAMINE HYDROBROMIDE IN PHARMACEUTICALS AND SPIKED HUMAN URINE	Neha K M Rajendraprasad N	University of Mysore, India
SORPTION OF EOSIN YELLOW AND METANIL YELLOW DYES FROM AQUEOUS SOLUTION USING ANION EXCHANGE RESIN	Shilpashree K J Rajendraprasad N	University of Mysore, India
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		

19.08.2026 / Online Session, Hall-5
Ankara Local Time: 10:00 – 12:00
Meeting ID: 897 0755 8402 / Passcode: 123456
Moderator: Benbrika Chaima

Title	Author(s)	Affiliation
SUSTAINABLE INNOCUOUS MATERIAL FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM AQUEOUS SYSTEMS	Hemalatha Nanjangud Prabhuswamy Dr. Rajendraprasad Nagaraju	University of Mysuru, India
POST PANDEMIC GLOBAL TRENDS IN FUNDING PUBLIC ACCESS MANDATE COMPLIANCE FOR RESEARCH: AN ANALYSIS BASED ON GOOGLE SCHOLAR METRICS (2021-2023)	Sujan Bandhu Chakraborty Dr. Pubalika Bhattacharya Maitra	University of Calcutta, India Brainware University, India
PREVALENCE AND PATTERNS OF POTENTIALLY INAPPROPRIATE MEDICATIONS AND PRESCRIBING OMISSIONS IN HOSPITALIZED PEDIATRIC PATIENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY USING THE KIDS LIST AND POPI CRITERIA	Tahira Ansar Sanam Shahid Shah	Government College University Faisalabad, Pakistan
YTTRIUM-INDUCED STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL MODIFICATIONS IN $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ LAYERED CERAMICS	Benbrika Chaima Menasra Hayet Sbaihi Amira	University of Biskra, Algeria
STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL INSIGHTS INTO BARIUM-DOPED $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ AURIVILLIUS CERAMICS	Benbrika Chaima Menasra Hayet Sbaihi Amira	University of Biskra, Algeria
EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF HYPERLIPIDEMIA AND DEVELOPMENT OF A RATIONAL HERBAL FORMULATION	Khadija Almas Wafa Majeed Ayesha Nazar	University of Agriculture, Pakistan
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		

19.08.2026 / Online Session, Hall-6
Ankara Local Time: 10:00 – 12:00
Meeting ID: 897 0755 8402 / Passcode: 123456
Moderator: Nurnazar PIRNAZAROV

Title	Author(s)	Affiliation
AXIOLOGICAL FRAGMENTATION AND THE CONTINUITY OF SPIRITUAL VALUES IN DIGITAL CULTURE: A TECHNOHUMANIST INTERPRETATION	Nurnazar PIRNAZAROV	Sarbon University, Uzbekistan TIHAME National Research University, Uzbekistan
COMPREHENSIVE REVIEW OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITES FOR SOLAR CELLS AND PHOTOCATALYSIS	Laiba Khan Sumayya Rasool Maarij Wadood	University of Malakand, Pakistan
WHY ECO-NUDGING TRIGGERS BOTH COMPLIANCE AND REACTANCE:EVIDENCE FROM EMERGING DIGITAL FINANCE MARKETS	Eduardus Suharto Mercurius Broto Legowo	Perbanas Institute, Indonesia
COMPREHENSIVE REVIEW OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITES FOR SOLAR CELLS AND PHOTOCATALYSIS	Laiba Khan Sumayya Rasool Maarij Wadood	University of Malakand, Pakistan
COMPARATIVE EVALUATION OF ULTRAVIOLET PROTECTION PROPERTIES OF ZN(II) AND FE(II) COMPLEXES BASED ON COUMARIN DERIVATIVES	Mimoza KOSKOVIKU Hamit ISMAILI Arben HAZIRI	University of Prishtina, Kosovo
All participants must join the conference 10 minutes before the session time. Every presentation should last not longer than 10-12 minutes. Kindly keep your cameras on till the end of the session.		

CONTENTS

AUTHOR	TITLE	NO
Mustafa ASLAN	EVALUATION OF THE ETHNOBOTANICAL, PHYTOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SUMAC (RHUS CORIARIA L.) CONSUMED AS A SPICE AND DIETARY SUPPLEMENT IN ŞANLIURFA (TÜRKİYE)	1
Halime Nisa SEMİZ	MEDALS AND DECORATION IN THE COLLECTION OF THE SELÇUK UNIVERSITY MUSEUM	8
Faruk SEZER	BEYOND THE RATIONAL AGENT: A BIBLIOMETRIC ROADMAP OF SOCIAL PREFERENCES IN MICROECONOMIC GAMES	28
Faruk SEZER	BIBLIOMETRIC MAPPING OF THE BEHAVIORAL FINANCE AND COGNITIVE BIASES LITERATURE	30
Hemalatha N.P Rajendraprasad N	SUSTAINABLE INNOCUOUS MATERIAL FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM AQUEOUS SYSTEMS	32
Bogdan N. Mucea	STUDENT SATISFACTION WITH THE CHOSEN FIELD OF STUDY: DECISIONAL AUTONOMY, ACADEMIC SELF-ESTEEM AND TEACHING QUALITY	33
Isirabahenda Gonzague	BEYOND EMPLOYMENT OPPORTUNITIES: OUTSOURCING, GRADUATE PRECARITY, AND WORK-FAMILY BALANCE IN THE DIGITAL ECONOMY	34
Burhan Necati KIZILOĞLU Yunus ÇELİK	DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED CST-SU2 FRAMEWORK FOR TRANSONIC SUPERCRITICAL AIRFOIL VARIANT GENERATION	35
Maria BENMAMMAR Samir LADACI Moufid MANSOUR	PSO-TUNED FRACTIONAL-ORDER PID CONTROL FOR ROBUST TIP POSITION TRACKING OF A SINGLE-LINK FLEXIBLE MANIPULATOR	49
Veysel Karani YILMAZ Yusuf Tuna BİRER Sezer SAĞLAM Rifat AKGÜL Ahmet AVCI	FACTORS ASSOCIATED WITH BRAKE SYSTEM FAILURES IN TRUCKS AND FIELD APPLICATIONS	51
Kristal Hykaj Ardita Hykaj	EXPOSURE TO FOREIGN EXCHANGE RISK AND THE IMPACT OF EXCHANGE RATE FLUCTUATIONS ON THE STABILITY OF THE ALBANIAN BANKING SYSTEM	64
Zeynep ÜLKER DEMİR	AEROGELS AS MULTIFUNCTIONAL NANOPOROUS MATERIALS FOR THERMAL INSULATION AND DRUG DELIVERY	73
Şeyma Nur ÇÖLBAY	AN EVALUATION OF A GROUP OF BYZANTINE-PERIOD SEALS FROM THE SELÇUK UNIVERSITY MUSEUM	74
Mehmet Siddık YEGÜL	A RHETORICAL ANALYSIS OF THE STYLE OF EMPHASIS (TAWKİD) IN THE DIALOGUES BETWEEN MOSES AND PHARAOH IN SÜRAT AL-A'RAF	91
Veysel Karani YILMAZ Yusuf Tuna BİRER Sezer SAĞLAM Rifat AKGÜL Ahmet AVCI	HEAVY-DUTY VEHICLES MIRRORCAM® SYSTEM DESIGN AND DEVELOPMENT: OPERATING PRINCIPLE, TECHNICAL FEATURES, SAFETY ADVANTAGES, AND IMPACTS ON FUEL EFFICIENCY	99
Ümit Alper ÖZCAN Esma KIR	RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEDIATRIC PATIENTS WITH ABDOMINAL PAIN PRIMARILY TRANSPORTED BY THE 112 EMERGENCY MEDICAL SERVICES	111
Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud Yasemin Kuşlu	EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION ON THE YIELD PARAMETERS OF ROCKET (Eruca sativa L.) GROWN IN GREENHOUSE CONDITIONS	116
Mehmet Şah GÜLTEKİN	INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING THE MECHANICAL PERFORMANCE OF ADHESIVELY BONDED POLYMER PARTS MANUFACTURED BY ADDITIVE MANUFACTURING	118
Mehmet Şah GÜLTEKİN	ENHANCEMENT OF MECHANICAL PERFORMANCE IN ADDITIVE MANUFACTURING-BASED FIBER-REINFORCED POLYMER COMPOSITES: A REVIEW OF MATERIALS, PROCESSING PARAMETERS, AND FUTURE TRENDS	130

AUTHOR	TITLE	NO
Neha K M Rajendraprasad N	SUSTAINABLE DIGITAL IMAGING RGB COLORIMETRIC AND VISIBLE SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR THE DETERMINATION OF GALANTAMINE HYDROBROMIDE IN PHARMACEUTICALS AND SPIKED HUMAN URINE	144
Merve EKİNCİ Hasan YEŞİLAĞAÇ Özlem KARAGÜN Veyis TAŞIN Göksu AKBULUT Aslı ASLAN Ayşe YAVUZ DERMAN	DEVELOPMENT OF A SCALE TO MEASURE PRONE TO MEDICAL ERRORS AMONG PARAMEDIC STUDENTS	145
Özlem KARAGÜN Merve EKİNCİ Eda SAĞEL Konca KAYA Caner İNCEKAŞ	PAIN MANAGEMENT AND NURSING INTEGRATION BY PARAMEDICS IN PEDIATRIC PATIENTS	148
Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud Yasemin Kuşlu	EFFECT OF ROOT GROWTH PROMOTING BACTERIA ON ROCKET PLANTS (<i>Eruca sativa</i> L.) GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS	151
Nurnazar PIRNAZAROV	AXIOLOGICAL FRAGMENTATION AND THE CONTINUITY OF SPIRITUAL VALUES IN DIGITAL CULTURE: A TECHNOHUMANIST INTERPRETATION	153
Sujan Bandhu Chakraborty Pubalika Bhattacharya Maitra	POST PANDEMIC GLOBAL TRENDS IN FUNDING PUBLIC ACCESS MANDATE COMPLIANCE FOR RESEARCH: AN ANALYSIS BASED ON GOOGLE SCHOLAR METRICS (2021-2023)	160
Emsalnur AÇIKGÖZ Beyza SUVARIKLI ALAN Seyfullah HALİLOĞLU	FAECAL SHORT-CHAIN FATTY ACIDS IN RATS AND THEIR IMPORTANCE	176
Shilpashree K J Rajendraprasad N	SORPTION OF EOSIN YELLOW AND METANIL YELLOW DYES FROM AQUEOUS SOLUTION USING ANION EXCHANGE RESIN	195
Konca KAYA Esra KIZILYILDIRIM Perihan Nur KOKUTAY Büşra AKTAŞ R. Sinem BALCI Meliha BERDAN Merve EKİNCİ Ayşe YAVUZ DERMAN Pınar DORUK ANALAN	THE EFFECT OF CONSERVATIVE PHYSICAL THERAPY INTERVENTIONS ON SLEEP QUALITY, FUNCTIONALITY, AND PAIN IN PATIENTS WITH LUMBAR DISC HERNIATION	196
Konca KAYA Ecem TEMELLİ Bengisu BADAY Şeymanur ÇOĞAL R. Sinem BALCI Meliha BERDAN Merve EKİNCİ Ayşe YAVUZ DERMAN Pınar DORUK ANALAN	THE RELATIONSHIP BETWEEN CHRONIC MUSCULOSKELETAL PAIN AND QUALITY OF LIFE IN SEDENTARY INDIVIDUALS AND REGULAR EXERCISERS	198
Rashidi Othman Muhammad Hanafi Ismail Wan Syibrah Hanisah Wan Sulaiman	BIO-HYBRID URBAN INFRASTRUCTURE: SYNERGIZING MICROALGAL ELECTROCHEMICAL CELLS AND PHOTOVOLTAICS IN LANDSCAPE ARCHITECTURE	200
Ümit Alper ÖZCAN Esma KIR	RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEDIATRIC PATIENTS WITH POISONING PRIMARILY TRANSPORTED BY THE 112 EMERGENCY MEDICAL SERVICES	201
Ambreen Anjum Kshaf Nasir	IMPACT OF EXERCISE ADHERENCE AND WORK-LIFE BALANCE ON EMPLOYEES PERFORMANCE	206
Khadija Almas Wafa Majeed Ayesha Nazar	EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF HYPERLIPIDEMIA AND DEVELOPMENT OF A RATIONAL HERBAL FORMULATION	207
Eduardus Suharto Mercurius Broto Legowo	WHY ECO-NUDGING TRIGGERS BOTH COMPLIANCE AND REACTANCE: EVIDENCE FROM EMERGING DIGITAL FINANCE MARKETS	208

AUTHOR	TITLE	NO
Mimoza KOSKOVIKU Hamit ISMAILI Arben HAZIRI	COMPARATIVE EVALUATION OF ULTRAVIOLET PROTECTION PROPERTIES OF ZN(II) AND FE(II) COMPLEXES BASED ON COUMARIN DERIVATIVES	209
Laiba Khan Sumayya Rasool Maarij Wadood	COMPREHENSIVE REVIEW OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITES FOR SOLAR CELLS AND PHOTOCATALYSIS	210
Benbrika Chaima Menasra Hayet Sbaihi Amira	YTTRIUM-INDUCED STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL MODIFICATIONS IN Bi ₄ Ti ₃ O ₁₂ LAYERED CERAMICS	211
Benbrika Chaima Menasra Hayet Sbaihi Amira	STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL INSIGHTS INTO BARIUM-DOPED Bi ₄ Ti ₃ O ₁₂ AURIVILLIUS CERAMICS	212
EWETOLA Esther A. ADEKUNLE Adebola B.	EFFECT OF SELECTED WEED AND SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ON CARBON SEQUESTRATION	213
Yassine Koubi Tahar Lakhlifi Mohammed Bouachrine	1,3-DIPOLAR CYCLOADDITIONS FOR THE SYNTHESIS OF BIOACTIVE NITROGEN HETEROCYCLES: REACTIVITY, STRUCTURE-ACTIVITY APPROACH AND IN-SILICO STUDIES	214
Sumayyah Bala Abdullahi Abdullahi Dahiru	PERCEIVED BENEFITS OF EXCLUSIVE BREASTFEEDING OUTCOME AMONG MOTHERS ATTENDING IMMUNIZATION UNIT OF MURTALA MUHAMMAD SPECIALIST HOSPITAL, KANO STATE, NIGERIA	215
Tahira Ansar Sanam Shahid Shah	PREVALENCE AND PATTERNS OF POTENTIALLY INAPPROPRIATE MEDICATIONS AND PRESCRIBING OMISSIONS IN HOSPITALIZED PEDIATRIC PATIENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY USING THE KIDS LIST AND POPI CRITERIA	216
Soukaina El Bourachdi Abdelhay El Amri Mahdi Lechheb Yassine Rakcho Ilham Naghoum Amal Lahkimi	DEVELOPMENT OF CHITOSAN-ZNO-GHASSOUL CLAY BIOHYBRID BEADS FOR PHOTOCATALYTIC DYE DEGRADATION AND CU(II) PHOTOREDUCTION	217
Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud Yasemin Kuşlu	EFFECTS OF DEFICIT IRRIGATION ON THE YIELD PARAMETERS OF ROCKET (Eruca sativa L.) GROWN IN GREENHOUSE CONDITIONS	219
Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud Yasemin Kuşlu	EFFECT OF ROOT GROWTH PROMOTING BACTERIA ON ROCKET PLANTS (Eruca sativa L.) GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS	225

EVALUATION OF THE ETHNOBOTANICAL, PHYTOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SUMAC (*RHUS CORIARIA* L.) CONSUMED AS A SPICE AND DIETARY SUPPLEMENT IN ŞANLIURFA (TÜRKİYE)

GIDA TAKVİYESİ OLARAK TÜKETİLEN SUMAK (*RHUS CORIARIA* L.) BİTKİSİNİN ETNOBOTANİK, FİTOKİMYASAL VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Mustafa ASLAN

Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

ORCID: 0000-0001-7336-6435

ÖZET

Sumak (*Rhus coriaria* L.), Anacardiaceae familyasına ait, Akdeniz Havzası ile Batı Asya'da doğal yayılım gösteren ve tarih boyunca hem gıda hem de geleneksel tedavi amacıyla kullanılan önemli tıbbi ve aromatik bitkilerden biridir. Türkiye'nin özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, başta Şanlıurfa olmak üzere birçok ilde baharat, ekşi tat verici ve geleneksel gıda takviyesi olarak yaygın şekilde tüketilmektedir. Meyvelerinin yüksek düzeyde fenolik bileşikler, flavonoidler, hidrolize olabilir tanenler, antosiyaninler ve organik asitler içermesi, sumağın güçlü antioksidan kapasite göstermesinde önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen fitokimyasal ve farmakolojik çalışmalar; sumağın antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antidiyabetik, hipolipidemik, hepatoprotektif ve antikanser potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca doğal koruyucu özelliği nedeniyle fonksiyonel gıdalar ve nutrasötik ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir hammadde olarak değerlendirilmektedir. Şanlıurfa mutfağında sumak; çiğ köfte, kebab çeşitleri, salatalar, soğan piyazı, dolma ve çeşitli yöresel yemeklerde baharat olarak kullanılmasının yanında, sumak suyu şeklinde de geleneksel olarak tüketilmektedir. Bu derleme çalışmasının amacı, *Rhus coriaria*'nın botanik özellikleri, coğrafi yayılımı, etnobotanik önemi, fitokimyasal bileşimi ve biyolojik aktivitelerine ilişkin güncel bilimsel bilgileri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmek; ayrıca Şanlıurfa'daki geleneksel kullanım biçimlerini fonksiyonel gıda ve gıda takviyesi perspektifinden ele almaktır. Elde edilen bulgular, sumağın yalnızca kültürel ve ekonomik açıdan değil, aynı zamanda halk sağlığı, sürdürülebilir beslenme ve doğal ürün geliştirme çalışmaları açısından da önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Rhus coriaria*, Sumak, Şanlıurfa, Etnobotanik, Fitokimya, Fonksiyonel Gıda

ABSTRACT

Introduction and Purpose Sumac (*Rhus coriaria* L.) is a medicinal and aromatic plant belonging to the Anacardiaceae family and naturally distributed in the Mediterranean Basin and Western Asia. It has been traditionally used as a spice, food ingredient, natural preservative, and medicinal plant for centuries. This study aims to evaluate the ethnobotanical importance, phytochemical composition, biological activities, and functional food potential of sumac consumed in Şanlıurfa, Türkiye.

Materials and Methods Scientific studies related to the botanical characteristics, traditional uses, phytochemical components, and biological activities of *Rhus coriaria* were reviewed. The traditional consumption practices of sumac in Şanlıurfa cuisine were also evaluated.

Results Sumac fruits are rich in phenolic compounds, flavonoids, tannins, anthocyanins, and organic acids. These compounds contribute to its antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, antidiabetic, and hepatoprotective activities. In Şanlıurfa, sumac is widely used as a spice in traditional foods such as çiğ köfte, kebabs, salads, and various regional dishes, and is also consumed as sumac extract.

Discussion and Conclusion

The available scientific evidence demonstrates that *Rhus coriaria* is a valuable natural source of bioactive compounds. Due to its nutritional, cultural, and biological properties, sumac has significant potential in functional foods, dietary supplements, and natural product development. Sustainable use and further scientific studies are important for evaluating its health benefits.

Keywords: *Rhus coriaria*, Sumac, Şanlıurfa, Ethnobotany, Phytochemistry, Functional Food

GİRİŞ

Bitkiler, insanlık tarihi boyunca beslenme, sağlık, kültür ve ekonomik faaliyetlerin temel doğal kaynaklarından biri olmuştur. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkiler, geleneksel bilgi sistemleri ile modern biyoteknolojik ve farmasötik araştırmalar arasında önemli bir bağlantı oluşturmaktadır. Dünya genelinde kullanılan ilaçların önemli bir bölümünün doğrudan veya dolaylı olarak bitkisel kökenli bileşiklerden geliştirilmiş olması, bitki kaynaklı biyolojik aktif maddelerin önemini artırmaktadır (Fabricant ve Farnsworth, 2001; Newman ve Cragg, 2020).

Günümüzde kronik hastalıkların artışı, sentetik katkı maddelerine yönelik tüketici endişeleri ve doğal antioksidan kaynaklarına olan talep, fenolik bileşikler bakımından zengin bitkilere yönelik araştırmaları hızlandırmıştır (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015). Bu kapsamda sumak (*Rhus coriaria* L.), yüksek fenolik içeriği ve çok yönlü kullanım özellikleri nedeniyle önemli bir tıbbi ve aromatik bitki olarak değerlendirilmektedir. *Rhus coriaria*, Anacardiaceae familyası içerisinde yer alan çok yıllık odunsu bir türdür. Doğal yayılımı Güney Avrupa, Anadolu, Doğu Akdeniz, Kafkasya, İran ve Mezopotamya bölgelerini kapsamaktadır (Davis, 1967; Zohary, 1972). Türkiye, türün doğal genetik çeşitliliği ve geleneksel kullanım yoğunluğu bakımından önemli merkezlerden biridir. Sumak meyveleri karakteristik ekşi tadını yüksek miktardaki organik asitlerden ve fenolik bileşiklerden almaktadır. Yapılan fitokimyasal analizlerde gallik asit, ellagik asit, kuersetin, mirisetin, kaempferol türevleri, tanenler ve antosiyaninler gibi biyolojik açıdan önemli bileşikler tanımlanmıştır (Bozan ve ark.2003; Kosar ve ark.2007; Abu-Reidah ve ark., 2014). Bu bileşiklerin serbest radikal oluşumunu sınırlandırdığı, oksidatif stres mekanizmalarını düzenlediği ve çeşitli biyolojik aktivitelerde rol oynadığı bildirilmektedir. Deneysel çalışmalar, sumak ekstraktlarının antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antidiyabetik, hipolipidemik ve hepatoprotektif etkiler gösterebildiğini ortaya koymuştur (Rayne ve Mazza, 2007; Kossah ve ark. 2010). Şanlıurfa ili, tarih boyunca farklı medeniyetlerin etkisinde kalmış güçlü bir gastronomik ve kültürel mirasa sahiptir. Bu bölgede sumak yalnızca bir baharat olarak değil, aynı zamanda geleneksel beslenme ve sağlık uygulamalarının bir parçası olarak kullanılmaktadır. Yerel halk tarafından hazırlanan sumak suyu, özellikle sindirim sistemi sağlığını desteklemek amacıyla geleneksel olarak tüketilmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Şanlıurfa’da önemli bir baharat ve geleneksel gıda takviyesi olarak kullanılan *Rhus coriaria*’nın botanik özelliklerini, etnobotanik kullanımını, fitokimyasal yapısını ve biyolojik etkilerini bilimsel literatür ışığında değerlendirmektir.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada kullanılan veriler, Şanlıurfa ili merkezi ve yakın çevresinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında elde edilmiştir. Veriler; bölge halkı ile yapılan yüz yüze görüşmeler, aktarlar ve semt pazarlarında sumak (*Rhus coriaria* L.) bitkisini satan, kullanan ve tüketen kişilerle gerçekleştirilen anket çalışmaları yoluyla toplanmıştır. Araştırma sürecinde aktarlardan temin edilen bitki örnekleri ile doğal habitatlarından toplanan bitki materyalleri teşhis edilmiş, teşhis işlemleri Flora of Turkey and the East Aegean Islands esas alınarak gerçekleştirilmiştir (Davis, P. H., 1967. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 2. Edinburgh: Edinburgh University Press). Teşhisi doğrulanan örneklerin büyük bir kısmı numaralandırılmış ve doğal yaşam alanlarında fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır. Sumak bitkisinin bilimsel adı ile birlikte yöresel adı da belirlenmiş; halk arasındaki kullanım şekilleri, kullanım amaçları ve yanlış ya da bilinçsiz kullanım sonucu ortaya çıkabilecek olası yan etkiler değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm etnobotanik veriler sistematik olarak düzenlenmiş ve Şanlıurfa Etnobotanik Veri Tabanı'na kaydedilmiştir. Araştırmada sumak üzerine yapılmış taksonomik, botanik, ekolojik, etnobotanik, fitokimyasal ve farmakolojik çalışmalar değerlendirilmiştir. Literatür taraması; uluslararası bilimsel veri tabanları (Web of Science, Scopus, PubMed, Google Scholar), bitki sistematigi veri kaynakları ve ilgili akademik kitaplar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada *Rhus coriaria*, “sumac”, “medicinal plant”, “ethnobotany”, “phenolic compounds”, “antioxidant activity”, “functional food”, “Şanlıurfa”, “Turkey” anahtar kelimeleri kullanılarak literatür araştırması yapılmıştır. Derleme kapsamında incelenen çalışmalar aşağıdaki temel başlıklar altında değerlendirilmiştir: Türün taksonomik konumu ve sistematik özellikleri, Morfolojik ve anatomik özellikleri, Coğrafi yayılışı ve ekolojik adaptasyonları, Geleneksel kullanım alanları, Türkiye ve özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki etnobotanik kullanımı, Meyve ve diğer bitki kısımlarının kimyasal bileşimi, Antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve metabolik etkileri, Fonksiyonel gıda ve doğal katkı maddesi olarak kullanım potansiyeli. Taksonomik ve botanik değerlendirmelerde (Davis 1967; Zohary 1972; Mabberley 2017; Pell ve ark. 2011) gibi temel floristik ve sistematik kaynaklardan yararlanılmıştır. Fitokimyasal içerik ve biyolojik aktivitelerin değerlendirilmesinde ise (Rayne ve Mazza 2007; Kosar ve ark. 2007; Bozan ve ark. 2003), Abu-Reidah ve ark. 2014; Kossah ve ark. 2010. tarafından gerçekleştirilen çalışmalar temel alınmıştır. Etnobotanik değerlendirmelerde ise Anadolu ve Yakın Doğu toplumlarında bitki kullanım bilgilerini inceleyen (Baytop 2001; Lev ve Amar 2000; Pieroni ve ark. 2006) gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. Bu çalışma kapsamında deneysel bir uygulama yapılmamış olup, mevcut bilimsel verilerin bütüncül biçimde değerlendirilmesi yoluyla sumağın geleneksel kullanım ile modern biyolojik araştırmalar arasındaki ilişkisi ortaya konulmuştur.

BULGULAR

Sumak Bitkisinin Botanik ve Ekolojik Özellikleri

Literatür değerlendirmeleri sonucunda *Rhus coriaria* L.'nin kurak ve yarı kurak ekosistemlere yüksek uyum sağlayabilen, ekolojik toleransı geniş bir odunsu tür olduğu belirlenmiştir. Tür, genellikle 1–5 m boyolanabilen çok gövdeli çalı formunda gelişmekte olup Akdeniz iklimi etkisindeki bölgelerde yaygın olarak bulunmaktadır (Davis, 1967; Townsend & Guest, 1980) Bitkinin tamamı Şekil 1 de verilmiştir. Sumak; güçlü kök sistemi, su kaybını azaltan yaprak anatomisi ve yüksek stres toleransı sayesinde taşlık, kurak ve düşük verimli alanlarda gelişebilmektedir. Kalın kutikula tabakası, gelişmiş epidermal yapı ve yaprak morfolojisi, bitkinin kuraklık koşullarına adaptasyonunda önemli rol oynamaktadır (Fahn, 1990). Türün Türkiye'deki yayılışı özellikle Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Şanlıurfa çevresinde doğal populasyonların yarı kurak

yamaçlarda, taşlık alanlarda ve antropojenik olarak bozulmuş habitatlarda bulunduğu bilinmektedir (Davis, 1967; Güner et al., 2012).



Şekil 1. Sumak bitkisi

Şanlıurfa'da Etnobotanik Kullanımı

Etnobotanik veriler, sumağın Anadolu ve Mezopotamya kültürlerinde çok amaçlı kullanılan bitkilerden biri olduğunu göstermektedir. Şanlıurfa yöresinde sumak özellikle meyveleri nedeniyle ekonomik ve kültürel öneme sahiptir.

Yerel kullanım biçimleri arasında: Baharat olarak tüketim, Sumak suyu hazırlanması, Geleneksel yemeklerde ekşi tat verici olarak kullanılması, Gıda muhafazasında doğal katkı maddesi olarak değerlendirilmesi bulunmaktadır. Şanlıurfa mutfağında sumak; çiğ köfte, kebab çeşitleri, salatalar, dolmalar, soğan piyazı ve çeşitli yöresel yemeklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım yalnızca lezzet verme amacı taşımamakta, aynı zamanda bitkinin sindirim sistemi üzerindeki geleneksel destekleyici etkileri nedeniyle kültürel olarak korunmaktadır. Şekil 2 verilmiştir. Anadolu halk hekimliği uygulamalarında sumak; ishal, mide rahatsızlıkları, ağız enfeksiyonları, boğaz problemleri ve yara bakımında kullanılmıştır (Baytop, 2001). Bununla birlikte geleneksel kullanımların klinik etkinlik olarak değerlendirilmemesi gerektiği ve kontrollü bilimsel çalışmalarla desteklenmesi gerektiği belirtilmektedir.



Şekil 2. Sumak meyvesinin Şanlıurfada kullanışı

Fitokimyasal Bileşim Bulguları

Literatür verileri, sumak meyvelerinin yüksek düzeyde biyolojik aktif bileşik içerdiğini göstermektedir. Başlıca bileşenler: Gallik asit, Ellagik asit, Kuersetin, Mirisetin, Kaempferol türevleri, Hidrolize olabilir tanenler, Antosiyaninler, Organik asitlerdir (Bozan ve ark. 2003), sumağın yüksek fenolik içeriğinin antioksidan kapasitesinin temel belirleyicilerinden biri olduğunu bildirmiştir. Kosar ve ark. (2007) ise farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen sumak ekstraktlarının güçlü radikal giderici aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur. Abu-Reidah ve ark. (2014), LC-MS/MS analizleri sonucunda sumak meyvelerinde çok sayıda fenolik bileşiğin bulunduğunu ve bu bileşiklerin biyolojik aktivitelerden sorumlu olduğunu göstermiştir.

Biyolojik Aktivite Bulguları

Sumakta bulunan fenolik bileşikler, serbest radikallerin nötralizasyonunda etkili olmaktadır. Oksidatif stresin azaltılması; kardiyovasküler hastalıklar, metabolik bozukluklar ve kronik inflamasyon süreçleri açısından önem taşımaktadır (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015). Sumak ekstraktlarının çeşitli bakteri ve mikroorganizmalara karşı inhibitör etki gösterebildiği bildirilmiştir. Bu özellik, sumağın doğal gıda koruyucu olarak değerlendirilmesinde önemlidir (Rayne ve Mazza, 2007). Deneysel çalışmalar, sumak bileşenlerinin inflamatuvar yanıt üzerinde düzenleyici etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca kan glukozu ve lipid metabolizması üzerine olumlu etkiler bildirilmiştir (Kossah ve ark. 2010).

TARTIŞMA

Sumak (*Rhus coriaria* L.), geleneksel kullanım geçmişi ile modern bilimsel araştırmaların kesişim noktasında bulunan önemli bir bitki türüdür. Bu çalışmada değerlendirilen literatür, sumağın yalnızca gastronomik bir ürün olmadığını; aynı zamanda yüksek biyolojik aktivite potansiyeline sahip doğal bir kaynak olduğunu göstermektedir. Geleneksel kullanım bilgileri ile fitokimyasal araştırmalar arasında önemli bir paralellik bulunmaktadır. Tarih boyunca sindirim sistemi rahatsızlıkları, enfeksiyonlar ve inflamatuvar durumlarda kullanılan sumağın yüksek fenolik içeriği, bu geleneksel kullanımların biyokimyasal temelini açıklamaktadır (Lev ve Amar, 2000). Özellikle Şanlıurfa gibi kültürel bitki kullanımının güçlü olduğu bölgelerde sumak, biyokültürel mirasın önemli bir parçasıdır. Yerel tüketim alışkanlıkları, bitkinin yalnızca besinsel değerini değil, aynı zamanda kültürel kimlik içerisindeki yerini göstermektedir. Modern gıda teknolojileri açısından değerlendirildiğinde sumak, sentetik

antioksidan ve koruyuculara alternatif doğal bir kaynak olarak önem kazanmaktadır. Fenolik bileşiklerin gıda oksidasyonunu geciktirme özelliği, sumak ekstraktlarının fonksiyonel gıda uygulamalarındaki potansiyelini artırmaktadır (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015).

Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu in vitro ve deneysel hayvan çalışmalarına dayanmaktadır. İnsan sağlığı üzerindeki etkilerin daha kesin ortaya konulabilmesi için kontrollü klinik araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Fabricant, D. S., and Farnsworth, N. R. (2001). The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives*, 109(Suppl 1), 69–75. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s169>

Newman, D.J. and Cragg, G.M. (2020). Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of Natural Products*, 83, 770-803.

Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and Polyphenolics in Foods, Beverages and Spices: Antioxidant Activity and Health Effects—A Review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>

Davis PH. (1967). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, 2, 543-544

Zohary M. (1972). *Flora Palaestina*. 2. 45-49 2-Jerusalem.

Bozan B, Kosar M, Tunalier Z, Baser KHC. (2003). Antioxidant and free radical scavenging activities of *Rhus coriaria* and *Cinnamomum cassia* extracts. *Acta Alimentaria*, Vol. 32 (1), pp. 53–61. <https://real.mtak.hu/49125/1/aalim.32.2003.1.7.pdf>

Kosar M, Bozan B, Temelli F, Baser KHC. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition of sumac (*Rhus coriaria* L.) extracts. *FOOD CHEMISTRY*, 103,3,.952-959.

Abu-Reidah IM, Ali-Shtayeh MS, Jamous RM, Arráez-Román D, Segura-Carretero A. (2014). HPLC–DAD–ESI–MS/MS screening of bioactive components from *Rhus coriaria* L. (Sumac) fruits *Food Chem.* 1:166:179-191.

Rayne S, Mazza G. (2007). Biological activities of extracts from sumac (*Rhus* spp.): a review. *Plant Foods Hum Nutr.* Dec;62(4):165-75.

Kossah R, Nsabimana C, Zhao J, Chen H. (2010). Comparative Study on the Chemical Composition of Syrian Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus typhina* L.) Fruits. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8 (10): 1570-1574

Mabberley, D.J. (2017). *Mabberley's Plant-Book*. 4th Edition, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316335581>

1.1. Pell SK, Mitchell JD, Lobova T, Miller AJ (2011). Anacardiaceae. In: Kubitzki K (ed) *The families and genera of vascular plants*, vol 10. Springer, New York, 7–50

Baytop T. (2021). Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi- 9786257146869 Ankara Nobel Tıp Kitabevleri (3) 1-464 <https://www.ankaranobel.com/turkiye-de-bitkiler-ile-tedavi-urun1180.html>

Lev E, Amar Z. (2000). Ethnopharmacological survey of traditional drugs. *J Ethnopharmacol.* 72(1-2):191-205.

Pieroni A, Price LL. (2006). *Eating and Healing. Traditional Food As Medicine*, CRC Press 1-432.

Townsend CC, Guest E. (1980). Flora of Iraq. Royal Botanic Gardens, Kew. 2, 456-457

Fahn A. 1990. Plant Anatomy. 588. Elsevier Science and Technology Books, ISBN: 9780080374918, 0080374913

Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT. (2012). Türkiye Bitkileri Listesi. (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi 1 İstanbul

MEDALS AND DECORATION IN THE COLLECTION OF THE SELÇUK UNIVERSITY MUSEUM

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ MÜZESİ KOLEKSİYONUNDA YER ALAN MADALYA VE NİŞANLAR

Halime Nisa SEMİZ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi
Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.

ORCID: 0009-0002-5099-2784

ÖZET

Bu bilimsel çalışmanın ana materyalini, Selçuk Üniversitesi Müzesi bünyesinde muhafaza edilen altı adet nişan ve bir adet madalya teşkil etmektedir. Müze envanterinde etnografik eser olarak sergilenen bu objeler bugüne kadar müstakil bir incelemeye konu olmamıştır. Bu ödüllendirme geleneği, müze koleksiyonundaki bahsi geçen yedi örnek aracılığıyla açıkça incelenebilmektedir. İlgili eserler, dönemin taltif sisteminin karakteristik vasıflarını bütünüyle yansıtan seçkin objelerdir. Dolayısıyla, koleksiyonda yer alan nadide eserlerin bilimsel kriterlere uygun şekilde belgelenerek tanıtılması, çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Söz konusu eserler, 23 Ekim 2019 tarihinde Aydın ve Konstanta Dikmen tarafından bağış yoluyla müzeye kazandırılmıştır. Gümüş, altın yıldız ve mine gibi değerli materyaller kullanılarak şekillendirilen bu objeler Osmanlı dönemi el sanatlarının üst düzey inceliğini sergilemektedir. Ne var ki, çevresel koşulların yıpratıcı etkilerine maruz kalan bu parçalarda zamanla kararmalar, mineli kısımlarında dökülmeler ve formlarında birtakım yapısal bozulmalar ortaya çıkmıştır. Bu durum gözetilerek eserler, 5 Mayıs 2026 tarihinde Selçuk Üniversitesi Müzesi'nde bizzat incelenerek fotoğraflanmış ve güncel kondisyonları yerinde saptanmıştır. Osmanlı teşrifat sistemine 18. yüzyıldan itibaren Batı etkisiyle giren madalya ve nişanlar; devlete sadakat, üstün gayret ve kahramanlık sergileyen şahıslara takdim edilen derecelendirilmiş taltif sembolleridir. Çalışma kapsamında Sultan Abdülmecid, Sultan Abdülaziz, II. Abdülhamid ve V. Mehmed Reşad devirlerine ait olan bu nişanlardaki tuğralar, kitabeler ile "sadakat, hamiyet, gayret" vurgulu ibareler eksiksiz biçimde çözümlenmiş, ayrıca sanatsal nitelikleri teferruatlıca tasvir edilmiştir. Bunların dışında Ürdün Kralı I. Abdullah tarafından ihdas edilen Ürdün Yıldızı Nişanı (Order of the Star of Jordan) da çalışma kapsamına dahil edilerek eserin tarihçesi, tasarımı ve epigrafi özellikleri ayrıntılı biçimde ortaya konmuş; böylece bu uluslararası eserle birlikte kataloğun sanatsal çeşitliliği zenginleştirilmiştir. Netice itibarıyla, Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonunda yer alan ve bugüne kadar bütüncül bir yaklaşımla ele alınmamış olan bu kıymetli eserlerin hem faleristik hem de sanat tarihi literatüründeki önemli bir boşluğu dolduracak şekilde bilim dünyasına kazandırılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Selçuk Üniversite Müzesi, Osmanlı, Nişan, Ödül, Madalya

ABSTRACT

The main material of this scientific study consists of six orders and one medal preserved within the Selçuk University Museum. These objects, exhibited as ethnographic artifacts in the museum inventory, have not been the subject of an independent study to date. This tradition of

rewarding can be clearly examined through the aforementioned seven examples in the museum collection. The relevant artifacts are distinguished objects that fully reflect the characteristic traits of the honors system of the period. Therefore, the documentation and introduction of the rare artifacts in the collection in accordance with scientific criteria constitute the main motivation of this study. The artifacts in question were acquired by the museum through a donation by Aydın and Konstanta Dikmen on October 23, 2019. Crafted using precious materials such as silver, gilding, and enamel, these objects display the high-level refinement of Ottoman-era handicrafts. However, having been exposed to the corrosive effects of environmental conditions, these pieces have over time developed tarnishing, flaking in their enameled sections, and certain structural deteriorations in their forms. Considering this situation, the artifacts were personally examined and photographed at the Selçuk University Museum on May 5, 2026, and their current conditions were determined on-site. Medals and orders, which entered the Ottoman protocol system from the 18th century onwards through Western influence, are graded symbols of honor presented to individuals demonstrating loyalty to the state, outstanding effort, and heroism. Within the scope of the study, the tughras, inscriptions, and phrases emphasizing "loyalty, zeal, and devotion" on these orders belonging to the reigns of Sultan Abdülmecid, Sultan Abdülaziz, Abdulhamid II, and Mehmed V Reşad have been comprehensively deciphered, and their artistic qualities have been depicted in detail. In addition, the Order of the Star of Jordan, instituted by King Abdullah I of Jordan, has been included in the scope of the study; the history, design, and epigraphic features of the artifact have been revealed in detail, thereby enriching the artistic diversity of the catalog with this international piece. In conclusion, it is aimed to introduce these valuable artifacts, which are preserved in the Selçuk University Museum collection and have not been addressed with a holistic approach to date, to the scientific community in a way that fills a significant gap in both the phaleristics and art history literature.

Keywords: Selçuk University Museum, Ottoman, Order, Award, Medal

GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca başarıyı ödüllendirmek, liyakati tescil etmek ve toplumsal motivasyonu artırmak amacıyla çeşitli görsel simgelerden ve somut nesnelerden yararlanmıştır. Bu onurlandırma kültürünün en köklü unsurlarından biri olan nişanlar; devlet tarafından hizmet mükâfatı olarak muhtelif derecelerde verilen ve göğse takılan alâmetin adıdır¹. Bu kavram aynı zamanda belirli bir alanda üstün yararlılık gösteren kişilere takdim edilen madeni sembolleri de ifade etmektedir. Farsça kökenli olup “alamet, işaret”² anlamına gelen nişanlar, devletin bağımsızlık ve egemenliğinin en zarif sembolleridir. Nişanlar bir yandan devletin gücünü dünyaya tescil eden birer mühür niteliği taşıırken, diğer yandan toplumu yüksek gayretlere teşvik eden manevi birer ülkü vazifesi görür. Osmanlı bürokrasında nişanlar hem estetik hem de hiyerarşik birer sembol olarak karşılık bulmuştur. Öyle ki, nişanların birinci, ikinci gibi sayısal verilerle derecelendirilmesi, üretiminde kullanılan madenin türü (altın, gümüş, bronz) veya form farklılıkları; gösterilen başarının "mükemmel, çok iyi, orta" şeklinde sınıflandırılmasına olanak sağlamıştır.³

¹ Pakalın, 1993. s.694-695

² Artuk, 2007: C.33 s.154-156

³ Arslan, 2024. s.17.

OSMANLI'DA TALTİFAT ARAÇLARI

Osmanlı Devleti'nin geleneksel taltif mekanizması, köklü bir geçmişe dayanan ve çok katmanlı kültürel kaynaklardan beslenen dinamik bir yapıya sahiptir. Tarihsel süreçte hükümdarlar; hem kendi tebaalarından üstün hizmet gösterenleri hem de devlete fayda sağlayan yabancı şahsiyetleri taltif etmek amacıyla çeşitli hediye ve onurlandırma araçlarına başvurmuşlardır. Başlangıçta doğrudan hükümdarın şahsında ve iradesinde somutlaşan bu ödüllendirme alametleri, zamanla devletin idari yapısı ve toplumsal normlar çerçevesinde şekillenerek özgün bir gelişim süreci izlemiştir ve kurumsal bir kimlik kazanmıştır.

Sorguç ve Çelenk: Güçlü bir merkezi yapısına sahip olan Osmanlı Devleti hizmet ve başarıyı ödüllendirmeyi sadece bir takdir aracı değil, aynı zamanda devlete olan sadakati pekiştiren bir teşrifat mekanizması olarak kurgulamıştır. Bu doğrultuda sorguç⁴ ve çelenk⁵, hem sembolik değeri yüksek birer paye hem de hiyerarşik düzenin görsel göstergeleri olarak önem kazanmıştır. Altın, gümüş ve mücevherli türleri bulunan ve başlığa takılan sorguç, üst düzey devlet görevlileri tarafından alaylarda ve bilhassa seferlerde kullanılmakla birlikte gündelik hayatta yaygın bir kullanıma sahip değildi. Bir devlet adamına sorguç verilmesi, hil'at giydirilmesinden çok daha üst düzeyde bir iltifat olup, ancak çok özel durumlarda bizzat padişah tarafından sadrazama veya seçkin devlet adamlarına tevcih edilirdi⁶.

Özellikle Sultan III. Selim ve II. Mahmud dönemlerinde bu teşrifat geleneği askeri alanda da belirginleşmiş; savaşlarda başarı gösteren komutan ve neferlere padişah hediyesi (Atıyye-i Seniyye)⁷, olarak bu gösterişli alâmetler takdim edilmeye başlanmıştır.⁸ Bu bağlamda nişan geleneğinin Osmanlı İmparatorluğu'ndaki ilk örneği, III. Selim (1789-1807) döneminde, 1798'deki Ebûkir Muharebesi'nin ardından İngiliz Amiral Nelson'a gönderilen elmas işlemeli çelenk olarak kabul edilmektedir.⁹ Bu yönüyle nişanların atası olarak kabul gören çelenkler, ilk primitif örnek olarak değerlendirilmektedir.

Madalya: Çelenk ve sorguçla somutlaşan geleneksel takdir kültürü, devlet mekanizmasındaki modernleşme ve bürokratikleşme süreciyle birlikte yerini daha sistematik ve kategorize edilmiş bir yapı olan madalya sistemine bırakmıştır. Kökeni Orta Çağ Avrupa'sına uzanan madalya geleneği, Osmanlı dünyasına Batılılaşma etkilerinin yoğunlaştığı dönemlerde dahil olmuştur. Kelime anlamı olarak İtalyanca "medaglia"dan gelir.¹⁰ Temelde siyasi, sosyal ve askerî açıdan kritik öneme sahip olayları ebedileştirmeyi amaçlayan madalyalar; askeri zaferlerden diplomatik antlaşmalara kadar pek çok dönüm noktasını temsil eden "hafıza nesneleri"dir.¹¹ Bu doğrultuda madalyalar; İmparatorluk iradesini yansıtan, devleti ileriye taşıyan üstün çabaları ödüllendirmek amacıyla bizzat hükümdarın onayıyla takdim edilirdi. Osmanlı tarihindeki ilk

⁴ *Sorguç Türkçede bazı kuşların tepesinde bulunan uzun tüylere denir. Zamanla kadın başlıklarının üzerine takılan çeşitli mücevher veya kıymetli tüylerden yapılmış bir süsün adına dönüşmüştür.* Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Ertuğ, 2009: c.37 s.378-380; Keskin, 2007: s.495-515.

⁵ *Nişan'ın ihdasından evvel muharebelerde büyüklerden muvaffakiyet gösterenlere taltif makamında verilen hâtranın adı idi. Ahmet Vefik Paşa "Lehçe-i Osmani" de "Çelenk; maden ve cevahirden çalma resimli sorguç" izahatini vermektedir.* Daha ayrıntılı bilgi için bkz: Pakalın, 1993: c.2 s.346.

⁶ Ertuğ, 2009: s.378-380.

⁷ Atıyye-i Seniyye, Osmanlı'da padişahların kıymetli kişilere, devlet görevlilerine veya sanatçılara verdiği "padişah bahşişi/hediyesi" veya "yüce ihsan" anlamına gelen bir tabirdir. Genellikle nakit para, kılıç, saat veya kıymetli eşyalar şeklinde, bir hizmet karşılığı veya lütuf olarak verilir. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Emecen, 1991: C.4 s.64.

⁸ Erüreten, 2001: s.20.

⁹ Erüreten, 2001: s.13.

¹⁰ Artuk, 2003: s.301-302.

¹¹ Bir muharebenin veya mühim bir hâdisenin hatırası olmak üzere madenden yapılan nişan adıdır. Müsabakalarda mükâfat yahut sanat eserleri için takdir nişanesi olarak verilen alâmetlere de bu ad verilir. İtalyanca "Medaglia" dan gelir. Bkz. Pakalın, 1993: c.3 s.377.

madalya örneklerinden bir tanesi İtalyan sanatçı Gentile Bellini tarafından 1480 yılında yapılan Venedik sefiri vasıtasıyla Fatih Sultan Mehmed'e sunulan portreli madalyadır.¹² Ancak bu erken dönem örneği daha çok diplomatik bir hediye niteliği taşımaktadır. Madalyanın bir devlet kurumu (Darphane-i Amire) vasıtasıyla düzenli imalatı Sultan I. Mahmud döneminde başlamıştır. Yaklaşık 1730'larda Patrona Halil İsyanı (1730) sonrasında çıkarılan "Altın Ferahi Madalyası" ile resmiyet kazanmıştır.¹³

Form olarak sikkeyi andıran bu metal objeler, kullanım amaçlarına göre ikiye ayrılmaktadır: Elbise üzerine iliştirilen veya boyuna asılan "tâlik edilen" madalyalar ile sadece hatıra olarak saklanan "tâlik edilmeyen" madalyalardır.¹⁴ Üretimlerinde genellikle altın gümüş bronz ve bakırı tercih etmişlerdir. Görünüm ve yapı itibarıyla nişanlardan ayrılan madalyalar, nispeten daha küçük boyutlu ve çift yönlü olarak tasarlanmışlardır. Ön yüzü genellikle hükümdarın tuğrası, Osmanlı arması veya ilgili olayı simgeleyen rölyeflerle bezenmiştir. Arka yüzlerinde ise ödüllendirilen kişinin isminin yazılması için bırakılan boşluklar ve tanıtıcı ibarelerle tamamlanmıştır.¹⁵ Tasarımındaki bu özgün yapı, madalyaların devlet hiyerarşisindeki yerini belirlemiş ve zamanla kullanım amaçlarına göre işlevsel bir çeşitlilik kazanmalarına yol açmıştır. Bu doğrultuda Osmanlı madalya sistemi; hizmet, harp, hatıra ve bağış gibi farklı kategorilere ayrılmaktadır. Örneğin hizmet madalyalarında Liyakat ve İmtiyaz; harp sahasında ise Silistre, Kırım ve Yunan Harbi madalyaları bu ayrımın somut göstergeleridir. Tarihsel olayları ebedileştiren Hünkâr İskelesi ve Kolera Hatıra madalyaları ile toplumsal yardımlaşmayı simgeleyen Hilal-i Ahmer, İlane-i Harbiye ve Kanun-i Esasi madalyaları, bu sistemin geniş yelpazesini yansıtan temel örneklerdir.¹⁶ Hizmete karşılık bir başarının hatırası olarak bir defaya mahsus verilen madalyonların en son Osmanlı örneği 1921 Traktör müsabakası madalyası altın, gümüş ve bronzdan yapılmış ve bu ödüllendirme geleneği Cumhuriyet döneminde de sürmüştür.¹⁷

Ancak başlangıçta anı ve hatıra niteliği taşıyan bu objeler, zamanla devletin üstün hizmetleri daha resmi bir şekilde taltif etme ihtiyacıyla evrim geçirmiştir. Özellikle askeri ve sivil başarıları ödüllendirmek amacıyla göğse takılan, görsel olarak daha gösterişli ve hiyerarşik bir anlam taşıyan "nişan" geleneği de tam bu noktada şekillenmeye başlamıştır.

Nişan: Madalyalara kıyasla çok daha görkemli bir tasarıma, karmaşık bir üretim sürecine ve hiyerarşik bir yapıya sahip olan nişanlar, devlet hizmetinde üstün yararlılık gösteren vatandaşlara veya yabancı devlet ricaline sunulan hazineden büyük harcamalar yaparak imal ettirilmiş en yüksek onur payeleridir¹⁸. Madalyadan daha geç bir dönemde kurumsallaşan nişan sistemi üretiminde kullanılan kıymetli materyaller, mine işçiliği ve farklı derecelerdeki (rütbe) tasarımlarıyla ayrılmaktadır. Madalyalar daha ziyade bir olayı veya genel bir başarıyı temsil ederken; nişanlar, kişinin devlete olan uzun süreli sadakatini ve tescil edilmiş hizmetini simgeleyen, doğrudan şahsın sosyal ve bürokratik statüsünü belirleyen üst düzey ödüllendirme araçlarıdır. Osmanlı Devleti'nde nişanların tarih sahnesine ilk çıkışı, Sultan III. Selim'in 1798 yılında İngiliz Amiral Nelson'a sunduğu ödülle gerçekleşmiştir. Arşiv kayıtlarında Nelson'a ve diğer İngilizler'e yollanan armağanlar arasında çelenk yanında nişanların da mevcut olduğu dikkat çekmektedir. Ortasında ay-yıldız, çevresinde ise pırlantalı şuaların yer aldığı bu takdir nesnesi, dönemin belgelerinde "Hilal Nişanı" olarak adlandırılmıştır. Bu öncü uygulamayı, 1801 yılında resmiyet kazanan Hilal Nişanı ve Vaka-i Mısıriye madalyaları takip etmiştir. Ancak

¹² Ayan, 2019: s.20. (İ. Artuk, C. Artuk, Fatih'in Sikke ve Madalyaları s.37'den)

¹³ Ayan, 2019: s.21.

¹⁴ Erüreten, 2001: s.14.

¹⁵ Eralp, 2002: s.683-686.

¹⁶ Arslan, 2024: s.18.

¹⁷ Artuk, 2003: s.301-302.

¹⁸ Tekin, 2014: s.393-411.

nişan sisteminin belirli bir düzene oturtulması, asıl olarak Nişan-ı İftihar'ın ihdas edildiği II. Mahmud (1808-1839) döneminde mümkün olmuştur. Osmanlı Devleti'nde nişan, sadece bir takdir aracı değil, aynı zamanda bir rütbe alameti olarak algılanmış ve bu doğrultuda işlev görmüştür. Bu yönüyle nişanlar, sahibinin devlet hiyerarşisindeki yerini ve statüsünü simgeleyen somut birer göstergeye dönüşmüştür. Nişan'ın ilk defa rütbeli olarak memurlara ihdas edilmesi 1832 yılında II. Mahmud dönemindedir. 1812'de eski tip nişan ve taltif alâmetlerine son verilmesi, Yeniçeri Ocağı'nın kaldırılması ve yeni askerî teşkilatlanma sebebiyle rütbeleri belirtmek üzere nişanlar oluşturuldu. Bu türdeki nişanlar üla, saniye, sâlise, rabia rütbelerine mahsus olmak üzere dört çeşitti ve mücevhherliydi.¹⁹ Söz konusu nişanlar liyakate dayalı bir başarıdan ziyade memuriyet derecesini göstermekteydi. En alt memurdan en üst bürokrata kadar geniş bir yelpazede dağıtılan bu nişanlar, devlet hazinesinden zimmetle teslim edilip, kullanım süresi dolduğunda kuruma iade edilmekteydi.

Islahatçı kimliği ile tanınan ve daha önceki dönemlerde verilen nişanları lağveden Sultan Abdülmecid, Osmanlı nişan sistemi de, 1839'da tahta çıkmasıyla birlikte nihai yapısına kavuşturmuş ve belirli nizamname kararlarına bağlayarak devlet teşrifatındaki yerini sağlamlaştırmıştır. Bu dönemde herhangi bir derecesi olmayan Nişan-ı İmtiyaz adı verilen bir nişan ihdas edildi. Ahmed Lutfi Efendi'nin kayıtlarına göre bu nişan; ilk olarak Mısır meselesindeki diplomatik gayretleri neticesinde Mustafa Reşid Paşa'ya, 1846 yılında ise Kavalalı Mehmed Ali Paşa'ya takdim edilmiştir. Üst düzey devlet adamlarına mahsus olan ve vefat durumunda sahibinin evladına intikal eder ancak izinsiz takılamazdı. Nişanların dağıtımında düzeni sağlamak adına, 1848 yılında yeni bir nizamname çıkarılmıştır. Bu nizamname kararlarıyla birlikte, nişanların yalnızca liyakat sahibi memurlara tahsisi kararlaştırılmıştır. Nihayetinde 1851 yılına gelindiğinde, yaşanan mali sıkıntılar sebebiyle eski İftihar Nişanları tedavülde kaldırılarak Darphâne'de geri dönüştürülmek üzere toplatılmıştır.²⁰ Eski nişanların toplatılmasının ardından, askerî ve mülkî erkânın göğsünün nişansız kalması devletin ihtişamı ve diplomatik temsiliyeti açısından uygun görülmemiştir. Bu doğrultuda 1851 yılında, devlete sadakat ve gayretle hizmet edenleri ödüllendirmek amacıyla Sultan Abdülmecid'in kendi adıyla "Mecidi Nişanı" ihdas edilmiştir.²¹ Geleneksel normlardan uzak tamamen Batı tarzından ilham alınarak tasarlanan bu nişanın; verilme şartları, rütbeleri, boyutları ve kullanım şekilleri yürürlüğe konan 28 maddelik kapsamlı bir nizamnameyle ayrıntılı olarak hükme bağlanmıştır.²² Nişanın alametlerinin fiziki özellikleri gayet net bir şekilde açıklanmaktaydı. Üçer şubeli yedi şuadan oluşan bir güneş şeklini alan alametlerin şualarının arasında "Alamet-i Seniyye-i Devlet-i Aliye" olarak nitelenen ay yıldız motifleri yer

¹⁹ Pakalın, 1993: s.694.

²⁰ Artuk, 2007: C.33 s.154-156.

²¹ Mecidi Nişanı, Osmanlı Devleti tarafından I. Dünya savaşında görev alan Alman subaylara da çeşitli derecelerde tevcih edilmiştir. (Ball, R. & Peters, P. s.167.)

²² Mecidi Nişanı Nizamnamesi Özeti: "1-Devlete her tür hizmet edenlere verilmek üzere Mecidiye ismiyle bir nişan tesis olunmuştur. 2-İş bu nişan padişahın hamiyeti altındadır. 3-Bu nişan 5 rütbeden ibarettir. 4-Bu nişan kaydı hayat (hayatı süresince) şartıyla ihsan buyrulur. 5-Bu nişanın her rütbesi adedi mahdut olacaktır. 6-Ecnebilere verilecek olan nişanlar bu adetlerden hariç olacaktır. 7-Bu nişan, her birinde ay yıldız olmak üzere üç şubeli 7 şuadan ibaret gümüş bir güneş resminde olup, 4 rütbeye kadar altın, 5. rütbesinde gümüş levha üzerindeki Tuğra ile bunun etrafı kırmızı mine üzerine altın hatla, bu nişana sahip olmak için gereken, "Hamiyet", "Gayret" ve "Sadakat" kelimeleri ile tesis tarihi olan 1268 senesi konulacak ve talik olunacak bölümünde dahi kırmızı mineli bir ay yıldız alameti bulunacaktır. 8-Bu nişanın birinci rütbesi, etrafı yeşil çizgili kırmızı şerit ile gerdana ve bu nişandan başka aynı nişanın şeklinde büyük bir şemsesi olup, göğsün sol tarafına talik olunur. 2. rütbesi 3. rütbesinden küçük bir nişan olup, aynı şekilde ile gerdana, 1.rütbesinden daha küçük olan şemsesi göğsün sağ tarafına talik olunur. 3.rütbesi 1.rütbeden küçük, ikinci rütbeden büyük yalnız bir nişan olup aynı renkte şerit ile gerdana takılır. 4.rütbesi üçüncü rütbesinden küçük bir nişan olup aynı renkte şerit ile göğsün sol tarafına asılır. 5.rütbesi ortası gümüş ve 4.rütbeden küçük olup 4. rütbesi gibi göğsün sol tarafına asılır. 58 9-Nişanla beraber berati da verilir ve berati olmadan hiç kimse bu nişanı talik edemez. 10-Bu nişanı ihsan etme yetkisi sadece Padişaha aittir." Daha ayrıntılı bilgi için bkz: Erüreten, 2001: s.214.

alacaktı. Nişanın ortasındaki madalyon, ilk dört rütbede altından, beşincisinde ise gümüşten imal edilecek ve üzerinde Sultan Abdülmecid'in tuğrası yer alacaktı. Etrafındaki koyu kırmızı mine çevre üzerine altın harflerle "işbu nişan-ı 'Âliye Nâiliyet İçin Sıfat-ı Lâzıma-yı İstihkâkiye Olan Hamiyet ve Gayret kelimeleri" ve ihdas tarihi olan 1268 tarihi işlenecekti.²³ Nişan-ı İftihar, Nişan-ı İmtiyaz²⁴, özellikle hükümdarın adını taşıyan Mecidi Nişanı²⁵ bu dönemin en önemli nişanları arasında sayılabilir.

Sultan Abdülaziz H.1278 (1862) döneminde devlete her türlü hizmette bulunanlara verilmek üzere, takdir yetkisi doğrudan Padişaha ait olan "Nişan-ı Osmanî" adlı yeni bir nişan daha ihdas edilmiştir. Bu nişanın nizamnamesindeki 11. madde uyarınca, askerlerin nişana hak kazanabilmesi için en az 20 yıl başarılı hizmet vermiş olmaları şartı aranıyordu. Ayrıca, Nişan-ı Osmanî'nin birinci rütbesine nail olabilmenin ön koşulu, daha önce Mecidiye Nişanı'nın birinci rütbesini kazanmış olmaktı.²⁶ Bu nişanda ilk üç rütbeden ibaretti, daha sonra dördüncüsü eklenmiştir. 4 derece olan nişanın yalnız 1. derecesinin murassası mevcuttur.²⁷ Osmanî Nişanı yedi köşeli bir yıldız formundadır, orta bölümü kırmızı mineli olup bir hilalin üzerinde, altın harflerle, ortada: "Abdülaziz han" üzerinde "El-Müstenid Bi Tevfikâti'r-Rabbâniyye Meliki'd-Devleti'l-Osmaniyye" yazılıdır. Arka yüzleri de ön yüz gibi mineli olup, Osmanlı Devleti'ni simgeleyen çift davul ve âlem, onun üzerinde de Osmanlı Devleti'nin kuruluş tarihi olan "sene 699" yazısı bulunmaktadır. Kurdelesı, yeşil kenarları kırmızı çizgilidir. Bu nişanda kaydı hayat şartıyla verilmiş ve sahibinin ölümünde de geri alınmıştır. Sultan Abdülaziz'in 1862 yılında gerçekleştirdiği Bursa gezisi sırasında atası ve Osmanlı Devleti'nin kurucusu olan Osman Gazi'nin türbesindeki sandukasına kendi eliyle murassa Nişân-ı Osmanî astığı bilinmektedir.²⁸ Mecid-i nişanında olduğu gibi Nişan-ı Osmanî de imparatorluğun son dönemine kadar farklı padişahlar tarafından yaptırılarak verilmeye devam edilmiştir.²⁹

Sultan II. Abdülhamid, önceki nişanların kullanımını sürdürürken³⁰ H. 1295 (1876) yılında padişahın iradesine bağlı olarak ilmiye, mülkiye ve askeri sınıflarında hizmetlerine mahsus "Nişan- Ali İmtiyaz"³¹ çıkarıldı. Bu nişan tek dereceli olup üç parçadan oluşmaktaydı. Ardından 1878 yılında Osmanlı'da ilk kez kadınlara mahsus olan "Şefkat Nişanını" yürürlüğe koymuştur. Üç rütbeden oluşan bu nişanın nizamname kararlarındaki beşinci maddesinde savaş zamanlarında, deprem, yangın ve su baskını gibi olaylarda devlete ve millete hizmet eden kadınlara verileceği gibi kurallar yer almaktaydı³². Altından yapılmış olan bu nişanın birinci

²³ Tekin, 2014: s.401.

²⁴ *Devletin ilmi, mülki ve askeri menfaatlerine fevkâlade olarak hizmette bulunanlara verilmek üzere 2 Zilhicce 1295 (1878) tarihinde ihdas olunun nişanın adıdır. Bu nişanı alabilmek nişanda mine işlemeli ve murassa olarak yazılı hamiyet, gayret, şecaat ve sadakatın fî'ili eserlerinin sabit olmasına bağlı idi.* İmtiyaz nişanı daha ayrıntılı bilgi için bkz. Pakalın 1993:64-65.

²⁵ Bu nişanı ilk alanlar arasında birinci rütbe ile taltif edilen Mekke Şerifi Abdülmuttalip Efendi bulunuyordu. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Tekin, 2004: s.391-411.

²⁶ Eüreten,2001: s.239.

²⁷ *Murassa: Tersî olmuş üzeri cevherle süslenmiş yerinde kullanılır bir tâbirdir. Kılıç nişan gibi şeyler cevherle tezyin edilir ve o türlü süslenmiş olanlara murassa denir.* Pakalın,1993: C.2 s.582.

²⁸ Bu şemse halen Topkapı Sarayı Müzesi Hazine Dairesi'nde (nr. 2/1029) teşhir edilmektedir.

²⁹ Gümüşten İkinci Rütbeden Nişan-ı Osmanî, Atatürk'e Kafkas Cephesi Muhaberelerinde gösterdiği üstün başarılarından dolayı 1 Şubat 1916 tarihinde, V. Mehmed Reşad tarafından verilmiştir. (<https://ata.msb.gov.tr/Sayfa/SayfaGoster/nisan-ve-madalyalar> 22.05.2026)

³⁰ II. Abdülhamid tarafından, Mustafa Kemal Atatürk'e 25 Aralık 1906 tarihinde kurmay yüzbaşı iken Şam'daki üstün hizmetlerinden dolayı gümüş Beşinci Rütbeden Mecidi Nişan'ı verilmiştir. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. (<https://ata.msb.gov.tr/Sayfa/SayfaGoster/nisan-ve-madalyalar> 22.05.2026).

³¹ Bu nişanlar ve şemse Sultan Abdülhamid'in şahsi nişanları olup Topkapı Saray Hazine Dairesinde bulunmaktadır.

³² *Şefkat Nişanı Nizamname Özeti: "1- Şefkat namıyla kadınlara mahsus bir nişan ihdas edilmiştir. 2-Bu nişan padişahın himayesi altındadır. 3- Şefkat nişanı üç rütbeden oluşmuştur. Bu nişan kırmızı mineli ve beş köşeli bir yıldız olup, yıldızın dış tarafında yeşil bir defne dahi vardır. Ortasının etrafındaki kırmızı mineli dairenin üzerinde*

derecesinde şemsesi ile ikinci derecenin nişanı murassa, birinci derecenin nişanı ile üçüncü derece nişan sadece minelidir. Nişan ve şemselerin ortasında altın plaka üzerine “El Gazi” unvanı alt kısmında 1295 tarihi darbedilmiştir. Bunların dışında 1892 yılına gelindiğinde, hanedan tarafından uygun görülen, devlete fiilen ve mânen yararı bulunan yabancı hükümdarlara, hanedan erkanına ve padişaha üstün hizmet sağlayan yüksek dereceli memurlara özel imtiyazlı denilebilecek “Hanedan-ı Al-i Osman” nişanı ihdas edilmiştir.³³ Bu nişan tek rütbelidir ve nizamnamesinde yer alan 2. Maddesinde belirtildiği üzere kolye ile talik olunduğu bilinmektedir³⁴.

1909 yılında Abdülhamid tahttan indirilince yerine Sultan V. Mehmed Reşad padişah olarak geçmiştir. 17 Mayıs 1910 tarihli emirle Maarif Nişanı çıkarmıştır³⁵. Üç rütbeden oluşan nişan yine kaydı hayat şartıyla verilmekteydi. Verilme şartları eğitim işiyle uğraşanlara, ilim, mârifet ve sanat alanında başarı gösterenlere yönelikti ve üç rütbesi gümüşlendi. Yine bu dönemde beş rütbeli Meziyet Nişanı ve üç rütbeli Ziraat Liyakat Nişanlarının çıkarılmasının düşünüldüğü, nizamnâmelerinin yayımlandığı, fakat bu nişanların bilinmeyen sebeplerden ihdasının gerçekleşmediği anlaşılmaktadır.³⁶

Mustafa Kemal Atatürk’ün önderliğinde Kurtuluş Savaşı’nın zaferle sonuçlanması ve 1 Kasım 1922’de TBMM’nin saltanı kaldırmasının ardından bu köklü gelenek Türkiye Cumhuriyeti’nin ilk yıllarında varlığını sürmüştür. Nitekim TBMM tarafından Resmi Gazete’de 29 Kasım 1934 günü yayımlanan 2590 sayılı kanunun 2. maddesiyle tamamen yürürlükten kaldırılmıştır.³⁷

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ MÜZESİNDEKİ NİŞANLAR

Bu tarihsel ve kültürel birikimin birer yansıması olan nişanlar, günümüzde müze koleksiyonlarının da kıymetli etnografik materyalleri arasında yer almaktadır. Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Müzesi envanterine kayıtlı olan ve bağış yoluyla temin edilen Osmanlı Dönemi’ne ait yedi adet eseri odak noktasına almaktadır.

“İnsaniyet, Muavenet, Hamiyet” kelimeleri yazılıdır. Birinci rütbenin güneşi tamamen murassa, ve ikinci rütbesinin güneşi pırlanta ve altın ile müzeyyen olup, üçüncü rütbesi kırmızı mineli beş köşeli yıldızdan ibarettir. Bu üç rütbenin kıtaları nizamnameye ekli numunelere göre yapılacaktır.4- Şefkat nişanı birinci rütbesi altından mamul bir nevi zincir ile gerdana talik olunur. Ve bu rütbenin, zemini beyaz kenarları yeşil ve kırmızı bir kordonu olup, bu kordonun ucuna dahi yukarıda belirtilen yıldız raptedilmiş olacaktır. İkinci rütbesi, birinci rütbesinin kordonu renginde küçük bir bağ ile göğüse ve üçüncü rütbesi kordona raptedilmiş yıldız şeklinde olup ikinci rütbe nişanın aynı bağ ile göğsün sol tarafına talik olur. Daha ayrıntılı bilgi için bkz: Erüreten, 2001: s.287.

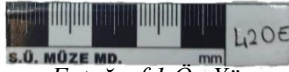
³³ Artuk, 2007: C.33 s.154-156.

³⁴ Çekim, 2023: s.61.

³⁵ İskifiyeli, 2007: s.577.

³⁶ Erüreten, 2001: s.345.

³⁷ 590 Sayılı Efendi, Bey, Paşa Gibi Lakap ve Unvanların Kaldırıldığına Dair Kanun (1934, m. 2) https://www.sonkarar.com/mevzuat/efendi-bey-pasa-gibi-lakap-ve-unvanlarin-kaldirilmasina-dair-kanun/e5492cb0-fd70-5cee-950a-ec2bbc10a76c#_ftn1 (17.05.2026).

KATALOG**Katalog No.1***Fotoğraf.1 Ön Yüz**Fotoğraf.2 Arka Yüz*

Ön yüz madalyon içi:	Arka yüz:
Üstte “Hamiyet”, Sağda “Sadakat”, Solda “Gayret”, Altta “Sene 1268”	“Darphane-i Amire”

Müze Envanter Numarası: 420E**Eserin Adı:** Mecid-i Nişan-ı**Tarihi ve Kökeni:** Sultan Abdülmecid tarafından H.1268 (M.1851) yılında ihdas edilmiştir.**Eserin Ölçüleri:** Y.: 65,6 mm Ç.: 63,3 mm A.: 4,0 gr.**Eserin Malzemesi:** Gümüş, Altın ve Mine**Kullanılan Teknik:** Kalemkârlık, mine tekniği, nişanın arka yüzünde darp tekniği kullanılmıştır.

Tanım ve Kompozisyon: 3. Derece Mecid-i Nişanıdır.³⁸ Eser yedi şubeli ve şubeler arasında “Alâmet-i Seniyye-i Devlet-i Aliyye” olarak nitelendirilen yedi adet ay-yıldızlı gümüş şuadan oluşan güneş formunda tasarlanmıştır. Murassa görünümü elde etmek amacıyla gümüş yüzey kalemkârlık tekniğiyle işlenerek tıraşlanmıştır. Eserin ön yüzünde, orta bombeli kısımda Sultan’ın tuğrası yer almaktadır. Kırmızı mine üzerinde yerleştirilen altın çerçeveli kartuşların içerisine üstte Sultana ait ibareler yer almaktadır. Nişanın arka yüzünde, ay-yıldız içerisinde “Darphane-i Amire” damgası ile sah damgası mevcuttur. Nizamnamede yer alan 7. madde hükümlerine göre 3. rütbe nişanlar, yeşil-kırmızı şerit ile gerdana takılarak kullanılmaktaydı. Nişanın tepe noktasında askı mekanizmasına ait bir parçanın izi görülmekle birlikte, askı aparatının kendisi ve kurdelesini günümüzde mevcut değildir; eser yalnızca ana gövde haliyle günümüze ulaşmıştır. Eser genel itibarıyla formunu korumuş olup, bütünlüğünü bozacak majör bir hasara sahip değildir; ancak zamanın etkilerine bağlı olarak çeşitli yıpranmalar barındırmaktadır. Nişanın ana gövdesini oluşturan şualı gümüş kısımlarda ve aralardaki ay-yıldız motiflerinde zamana bağlı korozyon ve belirgin bir kararma (oksitlenme)

³⁸ Envanterde 420 E numarasıyla kayıtlı eserin yüksek ihtimalle 3. Derece olması muhtemeldir. 1. ve 2. derece nişanların şemseleriyle birlikte bir takım oluşturması ve 4. derece nişanların daha küçük ebatlarda (yaklaşık 50-58 mm) üretilmesi göz önüne alındığında; eserin mevcut çap ölçümü (63,3 mm) ve altın göbeği, bunun bir 3. Derece Mecidi Nişanı olduğunu göstermektedir. (Ayrıntılı ölçüm standartları için bkz.Erüreten, 2001: 217).

gözlemlenmektedir. Merkezdeki altın/yıldızlı tuğra bölümünde yüzeysel kılcal çizikler ve matlaşma mevcuttur. Tuğrayı çevreleyen "Gayret, Hamiyet, Sadakat" yazılı ve 1268 tarihli kırmızı mineli kuşakta mineler büyük oranda sağlamlığını korumaktadır; ufak çaplı kenar aşınmaları dışında ciddi bir dökülme görülmemektedir. Arka yüzeyde gümüş kararması (oksitlenme) çok daha yoğun bir şekilde tabakalaşmıştır. Merkezde yer alan darphane damgası formunu korumaktadır.

Katalog No.2



Fotoğraf.3 Ön Yüz

Fotoğraf.4 Arka Yüz

Ön Yüz Madalyon İç:	Arka Yüz:
“el-Müstenidü bi-Tevfikâti'r-Rabbâniyye Abdülaziz Han Melikü'd-Devleti'l-Osmaniyye”	“Darphane-i Amire”

Müze Envanter Numarası: 421E

Eserin Adı: Nişan-ı Osmani

Tarihi ve Kökeni: Sultan Abdülaziz tarafından H.1278 (M.1862) yılında ihdas edilmiştir.

Eserin Ölçüleri: Y.: 88,8 mm Ç.: 89,7 mm A.: 7,1 gr.

Eserin Malzemesi: Gümüş, Altın ve Mine

Kullanılan Teknik: Kalemkârlık, mine tekniği, nişanın arka yüzünde darp tekniği kullanılmıştır.

Tanım ve Kompozisyon: Eser 2. Derece Nişan-ı Osmani Şemsesidir.³⁹ Yedişer şualı ve sekiz şubelidir. Nişanın orta bölümü kırmızı mineli olup bir hilalin üzerinde, altın harflerle, Eski Türkçe ile "Osmanlı Devleti'nin Hükümdarı, Allah'ın yön göstermesine dayanan Abdülaziz Han" yazmaktadır. Arka yüzünün orta göbeğinde ay-yıldız içerisinde "Darphane-i Âmire" damgası ile sah damgası mevcuttur.⁴⁰ Nizamnamede yer alan 8. Madde gereğince, yeşil ve iki

³⁹

⁴⁰ Sahh kelimesi sözlükte "sahih, uygun, doğru" anlamına gelir. Resmî belgelerle yazma kitaplarda rastlanan doğrulama ve karşılaştırma işareti. Yaygın mânasıyla Osmanlı bürokrasisinde özellikle sadrazamın görüp doğru ve uygun bulduğu bürokratik işlemlerin üzerine stilize bir şekilde bizzat kendisinin yazdığı yahut bazı

tarafı kırmızı ince bir kordonla boyuna, şemsesi sağ tarafa talik olunduğu yazmaktadır.⁴¹ Güncel durumuna bakıldığında, yer yer deformasyonlar mevcut olup arka yüzündeki iğne mekanizmasında zamana bağlı oksitlenme nedeniyle kilit aksamı zor çalışmakta ve işlevini kısmen yitirmiş durumdadır.

Katalog No.3



Fotoğraf.5 Arka Yüz



Fotoğraf.6 Arka Yüz

Ön Yüz Madalyon İçi:	Arka Yüz:
“el-Müstenidü bi-Tevfikâti'r-Rabbâniyye Abdülaziz Han Melikü'd-Devleti'l-Osmaniyye”	“Sene 699”

Müze Envanter Numarası: 422E

Eserin Adı: Nişan-ı Osmani

Tarihi ve Kökeni: Sultan Abdülaziz tarafından H.1278 (M.1862) yılında ihdas edilmiştir.

Eserin Ölçüleri: Y.: 111 mm Ç.: 73,4 mm A.: 4,2 gr.

Eserin Malzemesi: Gümüş, Altın ve Mine

Kullanılan Teknik: Kalemkârlık, mine tekniği, nişanın arka yüzünde darp tekniği kullanılmıştır.

Tanım ve Kompozisyon: Eser Devlete üstün hizmet ve sadakat gösteren sivil ve askerî kişilere verilen Dördüncü Derece Nişan-ı Osmani'dir.⁴² Yedi köşeli bir yıldız formunda tasarlanan nişanın kolları, ince gümüş çerçevelerle sınırlandırılmış yeşil mineli üçgenlerden oluşmaktadır. Her üçgen kolun uç noktasında gümüş topuz yer alır. Yıldız kollarının aralarında ise zambak çiçeği formunda yedi şubeli ve üç şualı kısa ışın demetleri yerleştirilmiştir. Nişanın ön yüz merkezindeki hafif bombeli, kırmızı mineli madalyonun alt kısmında; uçları yukarı bakan

muamelelerde beylikçi kessedarı veya beylikçinin yazmasına izin verdiği işareti ifade eder. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. (İpşirli, 2008: C.35 s.490-491)

⁴¹ Erüreten, 2001: s.239.

⁴² Nişanın toplam 2000 adet ihdas edildiği, üst rütbelere terfi için belirli süre şartlarının arandığı; buna göre 3. rütbeye geçiş için iki, 2. rütbeye geçiş için ise dört yıl beklenmesinin gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca nişan tevcihi sırasında teşrifat tarafından 1600 kuruş harç tahsil edilmekte, askerî sınıfa mensup olup harçtan muaf tutulacak kişiler için ise padişah iradesi (irade-i seniyye) şart koşulmaktadır. Erüreten, 2001: s.239.

devlet alameti sayılan altın kabartmalı bir hilal motifi bulunmaktadır. Bu kompozisyonun üzerinde, hafif bombeli mineli zeminin üzerine altın harflerle madalyon kısmı oluşturulmuştur. Gövdenin üst kısmında ise nişanın kurdeleye bağlanmasını sağlayan, yukarı bakan altın kaplama bir ay-yıldız askı düzeneği mevcuttur. Nişanın arka yüzünde, ön yüzdeki kenar formunun süsleme düzeni aynen tekrarlanmıştır. Gümüş dairevi bir plaka üzerinde; önde devletin bağımsızlığını ve egemenliğini simgeleyen çapraz yerleştirilmiş iki adet davul ile arka planda yine çapraz konumlandırılmış iki adet sancak işlenmiştir. Davulların üzerinde püsküllü kordonlar birbirinin içinden geçirilerek düğümlenmiş, arkadaki alemlî sancakların ikişer adet püskülleri tasvir edilmiştir. En üstünde, hafif kabarık oval bir kartuş içerisine Osmanlı Devleti'nin kuruluş yılına atıf yapan "Sene 699" ibaresi darp edilmiştir. Dönemin resmî mevzuatını oluşturan nizamnamenin 8. maddesi uyarınca, bu dördüncü derece nişanın kırmızı bir kordon ile göğsün sol tarafına takılarak taşınması gerektiği kurallara bağlanmıştır. Eser genel hatlarıyla formunu ve yapısal bütünlüğünü korumaktadır. Herhangi bir kopma veya büyük çaplı fiziksel hasar barındırmamakla birlikte, malzemesinde zamana bağlı doğal yıpranmalar mevcuttur. Yedi köşeli yıldız formundaki ana gövdenin kollarını kaplayan yeşil mineler büyük ölçüde sağlamdır, belirgin bir dökülme görülmemektedir; ancak yüzeyde ufak çaplı matlaşmalar mevcuttur. Yıldız kollarının ucundaki küreciklerde, aralardaki gümüş şualarda ve merkezdeki kabartma motifli madalyonda zamana bağlı kararma ve ton farklılıkları bulunmaktadır. Nişanın ay-yıldızlı tepe kulpuna bağlı ince uzun metal askı halkası yerinde durmaktadır; ancak eserin asılmasını sağlayan orijinal kırmızı kordonu günümüze ulaşmamıştır. Eser madalya gövdesi ve askı metalleriyle muhafaza edilmektedir.

Katalog No.4



Fotoğraf.7 Ön Yüz



Fotoğraf.8 Arka Yüz

Ön Yüz Madalyon İçi:	Arka Yüz:
Üstte "Hamîyet", Sağda "Sadakat", Solda "Gayret", Altta "Sene 1268", Ortada ise "Abdülaziz Han bin Mahmud el-Muzaffer".	"Darphane-i Âmire"

Müze Envanter Numarası: 423E

Eserin Adı: Mecidi Nişan-ı

Tarihi ve Kökeni: Sultan Abdülmecid tarafından H.1268 (M.1851) yılında ihdas edilmiştir.

Eserin Ölçüleri: Y.: 90,3 mm Ç.: 55,4 mm A.: 3,1 gr.

Eserin Malzemesi: Gümüş, Altın ve Mine

Kullanılan Teknik: Kalemkârlık, mine tekniği, nişanın arka yüzünde darp tekniği kullanılmıştır.

Tanım ve Kompozisyon: Beşinci dereceden Mecidi Nişanıdır.⁴³ Yedi şubeli üçer şuadan oluşan güneş şeklindeki gümüş alametın, şualarının arasında yedi adet ay-yıldız motifleri yer almaktadır. Nişanda kalem atma tekniği ile gümüş malzeme tıraşlanarak murassa hissi yaratılmıştır. Ön yüzün merkezinde yer alan hafif bombeli ve gümüşten mal edilen madalyonun üzerine Sultan Abdülmecid'in tuğrası darp edilmiştir. Bu tuğralı bölümü, eş merkezli iki gümüş şeritten oluşan dairevi bir çerçeve çevrelemektedir. Kırmızı mineli bir zemine sahip olan bu çerçevenin üzerinde, altın çerçeveli kartuşların içerisinde Sultana ait ibareler okumaktadır. Arka yüzünde ise darphane kontrolünde yapıldığına dair, "Darphane-i Âmire" yazılı küçük bir gümüş parça monte edilmiştir. Nişanın tepe noktasında, eserin göğüs kurdelesine asılmasını sağlayan ay-yıldız formunda bir askı aparatı bulunmaktadır. Ön yüzeyi kırmızı mineyle bezenen ve altın yaldızla belirginleştirilen bu aparatın arka yüzeyi ise altın kaplamalıdır. Eserin gümüş yüzeylerinde ve minelerinde zamana bağlı patinasyonlar görülmekle birlikte, yapısal bütünlüğünü koruyan oldukça iyi kondisyona sahip bir örnektir. Gümüş kısımların arka yüzeyinde korozyon ve oksitlenme daha dalgali ve yer yer yoğunlaşmış bir doku oluşturmuştur. Merkezdeki darphane damgası sağlam ve okunur durumdadır. Nişanın ay-yıldızlı tepe kulpuna bağlı olan ince uzun metal askı halkası yerinde durmaktadır; ancak eserin orijinal yeşil çizgili kırmızı kordonu günümüze ulaşmamıştır. Eser, günümüzde Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonunda muhafaza edilmekte olup müzenin teşhir salonunda sergilenmektedir.

Katalog No.5



Fotoğraf.9 Ön Yüz

Fotoğraf.10 Arka Yüz

⁴³ Bu nişanın 5.rütbesi ortası gümüş ve 4.rütbeden küçük olup yine 4.rütbe gibi göğsün sol tarafına asılır. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. (Erüreten, 2001: s.211)

Ön Yüz Madalyon İçi:	Arka Yüz:
Üstte “Hamiyet”, Sağda “Sadakat”, Solda “Gayret”, Alta “Sene 1268”.	“Darphane-i Âmire”

Müze Envanter Numarası: 424E

Eserin Adı: Mecidi Nişan-ı

Tarihi ve Kökeni: Sultan Abdülmecid tarafından H.1268 (M.1851) yılında ihdas edilmiştir.

Eserin Ölçüleri: Y.: 95,5 mm Ç.: 64,0 mm A.: 3,7 gr.

Eserin Malzemesi: Gümüş, Altın ve Mine

Kullanılan Teknik: Kalemkârlık, mine tekniği, nişanın arka yüzünde darp tekniği kullanılmıştır.

Tanım ve Kompozisyon: Üçüncü derece Mecid-i Nişanıdır. Yedi şubeli ve şubeler arasında yedi adet ay-yıldızlı gümüş şüadan oluşan şemse güneş formunda tasarlanmıştır. Tuğra bölümü hafif bombeli olup altın kaplamadır üzerinde ise Sultan’ın tuğrası bulunur. Tuğranın etrafını dairevi şeritten bir çerçeve kuşatmaktadır. Çerçevenin içerisinde kırmızı mineli altın şeritle sınırlandırılmış kartuşlar görülmektedir. Arka yüzünde, ay-yıldız içerisinde “Darphane-i Amire” damgası ile sah damgası mevcuttur. İlgili nizamnamenin 8. maddesi gereğince, etrafı yeşil kırmızı şeritli kordon ile gerdana takıldığı bilinmektedir. Eser yapısal bütünlüğünü korumakla birlikte, yalnızca orijinal askı kurdelesi noksanıdır. Gümüş gövdede doğal oksitlenmeye bağlı kararmalar izlenmektedir. Ön yüzdeki yaldızlı tuğra ile kırmızı mineli detaylar oldukça sağlam durumdadır. Arka yüzdeki madalyonun sol üstünde zikzak formu yüzeysel bir çizik bulunmaktadır.

Katalog No.6



Fotoğraf.11 Ön Yüz



Fotoğraf.12 Arka Yüz

Ön Yüz Madalyon İçi:	Arka Yüz:
“Abdullah bin Hüseyin” “Elkukebü'l Ürdüni Minel Tabakate'l Evveli”“Hicri 1366 (Miladi yaklaşık 1947)”	“Tevfik Paşa”

Müze Envanter Numarası: 427E

Eserin Adı: Nişan-ı Ürdün

Tarihi ve Kökeni: 22 Haziran 1949 tarihinde Kral I. Abdullah tarafından babası Hicaz Emîri Şerif Hüseyin ibn Ali'nin anısına ithafen ihdas edilmiştir.⁴⁴

Eserin Ölçüleri: Y.: 107,6 mm Ç.: 106,8 mm A.: 14,8 gr.

Eserin Malzemesi: Gümüş, Altın ve Mine

Kullanılan Teknik: Kalemkârlık, mine tekniği, nişanın arka yüzünde darp tekniği kullanılmıştır.

Tanım ve Kompozisyon: Görüntüdeki nişan, Ürdün Krallığı'na ait resmî bir taltif alameti olan “Ürdün Yıldızı Nişanı” (Order of the Star of Jordan / Visâmü'l-Kevkebî'l-Ürdünî) birinci derece şemsesidir. İngiltere'nin 22 Mayıs 1946'da Şarkî Ürdün'ü müstakil bir devlet olarak tanınması ve I. Abdullah'ın “Ürdün Hâşimî Kralı” unvanıyla tahta geçmesinin ardından,⁴⁵ bu yeni devletin bağımsızlık nişanesi olarak 1949 yılında söz konusu nişan ihdas edilmiştir (Katalog No:6). Tasarımı Garrad & Co. tarafından yapılan ve Osmanlı İmparatorluğu dönemindeki nişanlardan esintiler taşıyan eser; sivil ve askeri alanda üstün başarı gösterenleri, kraliyet aile mensuplarını ve devlete üstün hizmette bulunanları ödüllendirmek amacıyla kraliyet kararnamesiyle tevcih edilmek üzere ihdas edilen bu nişan beş rütbeden oluşmaktadır: Birinci rütbe Büyük Kordon, İkinci rütbe Büyük Subay, Üçüncü rütbe Kumandan, Dördüncü rütbe Subay ve Beşinci rütbe Şövalyedir. İncelediğimiz eser ön yüzünde yer alan “Elkukebü'l Ürdünî Minel Tabakate'l Evveli” ibaresinden anlaşılabileceği üzere “Büyük Kordon” sınıfına ait Birinci Derece Ürdün Nişanı şemsesidir. Yedi şube ve yedi şualı olan eserin şuaları üzerinde yedi adet yıldız motifi yer almaktadır. Merkezinde hafif bombeli altın kaplama zemin üzerinde dilimli şeritle sonlanan göbek kısmının hemen dışındaki alan yeşil mine ile bezemiştir. Arka yüzünde bulunan damga; nişanın imal edildiği H. 1366 (M. 1946) tarihinde Ürdün Haşimi Krallığı'nın Sadaret (Başbakanlık) makamında bulunan Osmanlı kökenli devlet adamı Tevfik el-Hüda Paşa'ya (1894–1956) işaret etmektedir.⁴⁶ İbare, nişanların resmi basım, dağıtım ve taltif süreçlerinin Sadaret makamının onay ve denetiminde gerçekleştiğini gösteren bürokratik bir mühür mahiyetindedir. Gümüşten üretilmiş olan ve yıldız formunda üstün bir işçiliğe sahip olan bu şemse ilgili rütbelerde göğsün sol tarafına takılmak üzere iğneli bir mekanizma ile donatılmıştır.⁴⁷ Eser yapısal bütünlüğünü korumaktadır. Ön yüzdeki gümüş şualarda korozyon ve kararma mevcuttur. Merkezdeki altın/yıldızlı yazılı madalyon ile etrafındaki yeşil mineli kuşak sağlamdır. Arka yüzde yoğun korozyon ve gökkuşağı etkili oksitlenme görülmektedir.

⁴⁴ Ürdün Yıldızı Nişanı (*Wisam al-Kawkab al-Urduni*), Ürdün Emirliği'nin 2 Haziran 1949'da Haşimi Ürdün Krallığı olarak yeniden adlandırılmasından kısa bir süre sonra, 22 Haziran 1949'da Kral I. Abdullah tarafından babası Mekke Şerifi Hüseyin bin Ali'nin anısına kurulmuştur. Bu adım, Britanya mandası dönemi etkilerinden bağımsız olarak Ürdün'ün ilk tamamen yerli liyakat nişanının oluşturulmasına işaret etmiş ve 1946'daki resmi bağımsızlığın ardından ulusal egemenliğin pekiştirilmesini taçlandırmaya hizmet etmiştir.

⁴⁵ Bilge, 1988: C.1 s.108.

⁴⁶ Ürdün'ün 7. Başbakanı olarak birkaç dönem görev yapmıştır. İlk olarak 28 Eylül 1938'den 15 Ekim 1944'e kadar Trans Ürdün Başbakanı olarak görev yapmış, ardından 28 Aralık 1947'den 12 Nisan 1950'ye kadar bir dönem daha bu görevi sürdürmüştür. 25 Temmuz 1951 ile 3 Mayıs 1953 ve 5 Mayıs 1955 tarihleri arasında Ürdün Başbakanı olmuştur. (https://ff.wikipedia.org/wiki/Tawfik_Abu_Al-Huda 19.05.2026).

⁴⁷ Ürdün Yıldızı Nişanı (Arapça: *وسام الكوكب الأردني*, *Wisam al-Kawkab al-Urduni*), sivil ve askeri alanda üstün yararlılık gösterenleri ödüllendirmek amacıyla 1949'da Ürdün Kralı I. Abdullah tarafından ihdas edilmiş bir devlet nişanıdır. Nişan; Büyük Kordon (Birinci Derece), Büyük Subay (İkinci Derece), Komutan (Üçüncü Derece), Subay (Dördüncü Derece) ve Şövalye (Beşinci Derece) olmak üzere beş hiyerarşik rütbe ile bunlara bağlı bir madalyadan oluşmaktadır. Bu nişan; Haşimi kraliyet ailesi üyelerine, başbakanlara, bakanlara, üst düzey bürokratlara ve Ürdün Krallığı'na istisnai hizmetlerde bulunan diğer şahıslara tevcih edilir. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. (https://gropedia.com/page/Order_of_the_Star_of_Jordan 18.05.2026)

Katalog No.7

Fotoğraf.13 Ön Yüz

Fotoğraf.14 Arka Yüz

Ön Yüz Madalyon İç:	Arka Yüz:
“Mehmed Han bin Abdülmecid el Muzaffer Daima El Gazi”“11 Temmuz”, “1324 sene” ⁴⁸	“Kanun-u Esasi Yedigârî”

Müze Envanter Numarası: 428E**Eserin Adı:** Meşrutiyet Madalyası**Tarihi ve Kökeni:** Sultan V. Mehmed Reşad tarafından II. Meşrutiyet'in ilanı (1908) ve Kanun-i Esasi'nin yeniden yürürlüğe girmesi anısına bastırılmıştır.⁴⁹**Eserin Ölçüleri:** Y.: 107,4 mm (kurdele dahil) Ç.: 34,8 mm A.: 2,1 gr.**Eserin Malzemesi:** Bronz**Kullanılan Teknik:** Darp**Tanım ve Kompozisyon:** Bu eser, II. Meşrutiyet'in ilanı (1908) ve Kanun-i Esasi'nin yeniden yürürlüğe girmesi anısına bastırılan Meşrutiyet Madalyası'dır.⁵⁰ Madalyanın ön yüzünde,⁴⁸ B.O.A DUİT 24/39 T: H. 1327 (Bu belge Sultan Reşad dönemine aittir.)

Meşrutiyetin ilanı hatırasını teyiden darbi gereken madalya için evvelce imal ettirilmiş olan numunesinin şekil ve kıtası ve her iki tarafındaki yazıların uygun bulunmaması sebebiyle, bir tarafındaki Kanun-u Esasi ibaresi ile üzerindeki Tuğra altına 11 Temmuz 1324 tarihi yazılmakla beraber ibarenin üzerindeki 7 Zilhicce 1293 tarihinin kaldırılması ve diğer tarafında yalnız Hükümet-i Meşrute-i Osmaniye ibaresi yazılıp bunun altına 14 C 1326 tarihi ile Hürriyet, Adalet, Müsavat kelimelerinin, madalyanın kenarında bulundurulması ve madalyanın kıtası biraz daha ufaltılarak oval şekilde olarak bunlardan yeter miktarda altın, gümüş ve nikel olarak darb ve imal ettirilmesi hakkında İrade-i Saniye. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Erüreten, 2001: s.307.

⁴⁹ Bu madalyanın Sultan II. Abdülhamid döneminde çıkartılması planlanmış, ancak tahttan indirilmesi sebebiyle Sultan Reşad döneminde hayata geçirilmiştir. Ayrıca bu madalya ilk defa yapılan bir uygulamayla, her isteyen alıp talik edebilmesi için para ile satılmıştır. Bu sebepten dolayı da taltifat amacından saparak bir rozet kimliğine girmiştir. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Erüreten, 2001: s.306.⁵⁰ Madalya, Sultan II. Abdülhamid'in talimatıyla ilk Osmanlı anayasasının hatırasını yaşatmak amacıyla tanzim edilmiştir. Kadınlar ve erkekler için ayrı türleri yapılmış ve geniş halk kitlelerine ulaşabilmesi için gerekli ödenek desteğinde bulunulmuştur. Böylece Osmanlı siyasi tarihinin en önemli vesikalarından birinin ilanında padişahın ne kadar etkili olduğu gösterilmek istenmiştir. Ancak 31 Mart Hadisesi sonrasında Sultan II. Abdülhamid,

birbirine kurdele ile bağlanmış iki defne dalı ile çevrelenmiş; merkezde Sultan'ın tuğrası yer almaktadır. Tuğra, yazılar ve defne dalları alçak kabartma tekniği ile işlenmişlerdir. Arka yüzünde ise devlet arması dardır. Madalyanın göğse takılmasını sağlayan dikey şerit formundaki kurdelesini, boylamasına iki eşit renk bloğuna ayrılmış olup yeşil ve kırmızı renklindedir. Kurdelenin üst kısmında, eserin giysiye ilştirilmesi amacıyla metal bir çengelli iğne yer almaktadır. Kurdele ile madalya gövdesi metal bir askı aparatı ve bu aparata bağlı küçük bir halka vasıtasıyla birbirine bağlanmıştır. Madalyanın kurdele kısmında zamana ve kullanım koşullarına bağlı olarak ciddi yıpranmalar mevcuttur. Kurdelenin üst sol köşesinde yeşil renkli dokunun liflerinde çözülme, sökölme ve eksilme görölmektedir. Kırmızı renkli dokunun alt uç kısmında ise ipliklenmeler ve aşınmalar mevcuttur. Madalyanın bronz/bakır alaşımlı gövdesinde ve askı aparatında yoğun kararmalar mevcuttur. Özellikle ön yüzdeki defne dallarının ve tuğranın çukurda kalan kısımlarında, arka yüzde ise armanın çevresinde yeşilimsi oksitlenme izleri ve yer yer lekelenmeler dikkat çekmektedir. Kabartma hatlarında ise hafif aşınmalar mevcuttur.

DEĞERLENDİRME

Çalışmada Selçuk Üniversite Müzesi envanterinde yer alan bir adet madalya ve altı adet nişan ele alınmıştır. Üzerinde yer alan ibareler ve kompozisyonları ile ait oldukları dönemin özelliklerini yansıtan bu eserler, XIX. yüzyıl ile XX. yüzyıla tarihlenmektedir.

İncelenen eserler arasında Sultan Abdülmecid dönemine ait üç adet Mecid-i Nişanı (Katalog No:1, Katalog No:4, Katalog No:5), Sultan Abdülaziz dönemine ait iki adet Nişan-ı Osmani (Katalog No:2, Katalog No:3), Ürdün Kralı I. Abdullah dönemine ait bir adet Ürdün Nişanı Şemsesi (Katalog No:6) ve Sultan V. Mehmed Reşad dönemine tarihlenen Derecesiz olarak ihdası gerçekleşen Meşrutiyet Madalyası bulunmaktadır (Katalog No:7).

Kayd-ı hayat şartıyla ve beratla verilen nişanların ihdası, ilk olarak Sultan Abdülmecid döneminde hayata geçirilen nizamnamelerle kurallara bağlanmıştır. İncelenen örneklerde beş rütbeden oluşan Mecid-i Nişanları (Katalog No:1, Katalog No:4, Katalog No:5) ön yüzlerindeki padişah tuğrası ile "Hamiyet, Gayret, Sadakat" ibareleriyle dikkat çekmektedir. Envanter kapsamında iki adet üçüncü derece ve bir adet beşinci derece örnek incelenmiştir. Kullanım şekillerine bakıldığında; üçüncü rütbe nişanın boyun nişanı olduğu (Katalog No:1, Katalog No:5), beşinci rütbe nişanın ise göğsün sol tarafına ilştirildiği (Katalog No:4) bilinmektedir. Sultan Abdülmecid döneminden sonra tahta çıkan diğer Osmanlı padişahları tarafından da devam ettirilmiş olan Mecid-i Nişanı geleneği, Osmanlı Devleti'nin iç işleyişinde sürekli olarak kullanılmış, aynı zamanda devletin uluslararası bir itibar kazanmasına katkıda bulunmuştur.

Katalogda incelenen diğer Osmanlı dönemi örneklerinden biri de devlete her türlü hizmet edenlere verilmek üzere, Sultan Abdülaziz döneminde ihdas edilen ve Dört rütbeden oluşan Nişan-ı Osmani'dir. Bu kapsamda envanterdeki eserlerden, İkinci rütbe nişan şemsesi (Katalog No:2) ile Dördüncü rütbe nişanı (Katalog No:3) incelenmiştir. Tıpkı Mecid-i nişanı gibi imparatorluğun sonuna den tahta çıkan padişahlar tarafından tevcih edilmeye devam eden bu eserler ihtiva ettikleri "Darphane-i Âmire" damgası, rütbelere göre değişen form özellikleri ve mineli bezemeleriyle Osmanlı taltifat geleneğinin seçkin yansımaları olarak öne çıkmaktadır.

tahtından indirilmiştir. Yeni iktidar, madalyayı sahiplenmek için üzerinde ciddi değişiklikler yapmıştır. İlk olarak madalyada yer alan Birinci Meşrutiyetin ilan tarihi olan 1876 yılı silinmiş, sadece İkinci Meşrutiyetin ilan tarihi olan 1908 yılına yer verilmiştir. Böylece Kanun-ı Esasi madalyası, hem II. Abdülhamid devrinde hem de V. Mehmed Reşad zamanında iktidarı sembolize eden en önemli enstrüman haline gelmiştir. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Özger, 2018: s.1.

Koleksiyonda XIX. yüzyıl Osmanlı nişan geleneğini yansıtan eserlerin yanı sıra, Ortadoğu İslâm coğrafyasını temsil eden 1949 tarihli Birinci Derece Ürdün Nişanı (Büyük Kordon Şemsesi) da bulunmaktadır (Katalog No:6). Bütüncül olarak değerlendirildiğinde, Osmanlı nişan ve ödüllendirme kültürünün yalnızca kendi dönemi ve sınırları içinde kalmadığı, imparatorluk sonrası kurulan ardıl devletlerin devletleşme süreçlerinde de yankı bulduğu görülmektedir. Yeni bağımsızlık kazanan Hâşimî Krallığı'nın egemenlik sembolü olarak ihdas edilen bu eserin tasarımında Osmanlı nişan estetiğinin izlerinin görülmesi, görsel geleneğin bölgesel etkisini koruduğunu kanıtlamaktadır. Bu bakımdan, müze envanterinde yer alan eser Osmanlı dönemi örneklerinden bağımsız ve kopuk bir parça olmaktan ziyade bölgedeki kültürel ve sanatsal devamlılığı yansıtarak koleksiyonun bütünlüğünü tamamlamaktadır.

Makale kapsamındaki değerlendirmemizin son kısmını, koleksiyondaki tek madalya örneği olan Meşrutiyet Madalyası (Katalog No:7) oluşturmaktadır. Osmanlı siyasi tarihindeki çalkantılı anayasal rejime geçiş sürecini somutlaştıran bu eser, Sultan II. Abdülhamid'in talimatıyla ilk Osmanlı anayasasının hatırasını yaşatmak amacıyla tanzim edilmiştir. Geniş halk kitlelerine ulaşması için gerekli ödenekler yapılmış ancak 31 Mart olayı sonrasında Sultan II. Abdülhamid, tahtından indirilmiştir. İktidara Sultan V. Mehmed Reşad'ın gelmesiyle madalyada bazı değişikliklere gidilmiştir.⁵¹ Madalya üzerinde yapılan tarihsel ve metinsel güncellemeler, yeni rejimin meşruiyetini vurgulama amacını taşımaktadır. Böylece Kanun-ı Esasi madalyası, hem II. Abdülhamid devrinde hem de V. Mehmed Reşad döneminde iktidarın güçlü birer sembolü olarak yer edinmiştir. Tarihsel serüveni bu şekilde olan Kanun-i Esasi madalyası, yalnızca bir hatıra objesi olmanın ötesinde, Osmanlı Devleti'nin geçirdiği siyasal dönüşümü ve meşrutiyet anlayışının temsilini yansıtan önemli bir görsel niteliği taşımaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, Konya Selçuk Üniversitesi Müzesi'nin teşhirinde sergilenen XIX. yüzyıl ile XX. yüzyılın ilk çeyreğine tarihlenen altı adet nişan ve bir adet madalya kapsamlı bir şekilde incelenip değerlendirilerek ilim dünyasına tanıtılmıştır.

Osmanlı geçmişinin yaklaşık iki yüz elli yıllık dönemine ait resmi simgeleri ve estetik değerleri bünyesinde barındıran madalya ve nişanlar teşrifat geleneği açısından önemli bir yer tutmaktadır. Nitekim bu çalışma kapsamında incelenen eserler, ait oldukları dönemin siyasi ekonomik ve sanatsal anlayışının güçlü birer yansıması olarak öne çıkmaktadır. Batı etkisiyle birlikte Osmanlı Devleti'nin taltifat sistemine karakteristik olarak yerleşen bu kıymetli materyaller, devlet bürokrasisindeki köklü takdir kültürünün somut göstergeleridir.

Bu ödüllendirme geleneğinin tarihsel gelişiminde daha erken üretim sürecine sahip olan madalyalar iki taraflı olarak darbedilmiş daha çok tekil bir olayın hatırası veya genel bir başarının temsili iken; nişanlar, devlet hizmetinde yararlılık gösteren vatandaşlara verilmek üzere hazineden ciddi bütçeler ayrılarak imal ettirilen, estetik açıdan daha gösterişli, doğrudan liyakate, rütbeye kişinin devlet içerisindeki hiyerarşik statüsüne işaret eden sistemli yapı taşlarıdır. Nitekim Osmanlı bürokrasisinde nişanlar, gösterilen başarının tasnif edilmesine imkân sağlayacak şekilde belirli rütbe ve derecelere ayrılmıştır.

İncelenen yedi eser, Darphane-i Âmire üretimi olmalarının getirdiği yüksek malzeme kalitesi sayesinde genel hatlarıyla formunu korumayı başarmıştır ancak yapısal bütünlüklerinde meydana gelen zamana bağlı yıpranmalar ve gümüş kısımlarda oluşan oksitlenmelerden ne yazık ki kaçamamıştır. Bununla birlikte, nizamnamelerinde belirtilen orijinal askı kordonlarının (Katalog No: 7 hariç) günümüze ulaşamadığı tespit edilmiştir.

⁵¹ Özger, 2018: s.14.

Sonuç itibariyle Sultanların şahsi birer ihsanı olan Atıyye-i Seniyye uygulamaları ile filizlenen bu ödüllendirme geleneği zaman içerisinde sorguç, çelenk, madalya ve nişan formlarına bürünerek köklü bir gelişim göstermiştir. Osmanlı modernleşme sürecinde devletin liyakat, hiyerarşi ve taltif olgularına yaklaşımını somutlaştıran bu köklü anane, Millî Mücadele'nin zaferle taçlanması ve 1 Kasım 1922'de TBMM'nin saltanatı kaldırmasının ardından Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yıllarında da bir müddet geçerliliğini sürdürmüştür. Ancak imparatorluk döneminden devralınan bu taltifat sistemi, TBMM tarafından Resmî Gazete'de 29 Kasım 1934 günü yayımlanan 2590 sayılı Efendi, Bey, Paşa Gibi Lakap ve Unvanların Kaldırıldığına Dair Kanun'un 2. maddesi uyarınca tamamen yürürlükten kaldırılmıştır. Yaşanan bu tarihi ve hukuki süreçle birlikte Osmanlı taltif mekanizmaları tarihsel olarak sona ermiş, söz konusu nişanlar ve madalyalar günümüzde müze koleksiyonlarında muhafaza edilen kıymetli birer etnografik materyal haline gelmiştir.

GÖRSEL LİSTESİ

Katalog ve Envanter No.	İhdas Tarihi	Görseller
Kat No.1 420E- Üçüncü Derece Mecid-i Nişanı	Sultan Abdülmecid tarafından H.1268 (M.1851) yılında ihdas edilmiştir.	
Kat No.2 421E- İkinci Derece Nişan-ı Osmani	Sultan Abdülaziz tarafından H.1278 (M.1862) yılında ihdas edilmiştir.	
Kat No.3 422E- Dördüncü Derece Nişan-ı Osmani	Sultan Abdülaziz tarafından H.1278 (M.1862) yılında ihdas edilmiştir.	
Kat No.4 423E- Beşinci Derece Mecid-i Nişanı	Sultan Abdülmecid tarafından H.1268 (M.1851) yılında ihdas edilmiştir.	
Kat No.5 424E- Üçüncü Derece Mecid-i Nişanı	Sultan Abdülmecid tarafından H.1268 (M.1851) yılında ihdas edilmiştir.	

Kat No.6 427E- Birinci Derece Ürdün Nişanı	Kral I. Abdullah tarafından 1949 yılında ihdas edilmiştir.	
Kat No.7 428E- Meşrutiyet Madalyası	Sultan V. Mehmed Reşad Tarafından 1908 yılında ihdas edilmiştir.	

REFERANSLAR

- Arslan, A. S.** (2024). Burdur Müzesi'ndeki Osmanlı izleri: Madalya ve nişanlar. *International Journal of History and Education (IJHE)*, 10(21), 15-38.
- Artuk, İ.** (2003). Madalya. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (Cilt 27, ss. 301-303) içinde. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Artuk, İ.** (2007). Nişan. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (Cilt 33, ss. 154-156) içinde. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Ayan, Ş.** (2009). *Ankara Etnografya Müzesi'ndeki Osmanlı dönemi madalya ve nişanlar* [Yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Ball, R. W. D. ve Peters, P.** (1994). *Military medals, decorations & orders of the United States & Europe*.
- Bilge, M. L.** (1988), Abdullah b. Hüseyin. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (Cilt 1, s. 108) içinde. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Çekim, M.** (2023). *Sultan II. Abdülhamid döneminde taltifat (1876-1909)* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Emecen, F.** (1991). Atıyye-i seniyye. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (Cilt 4, s. 64) içinde. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Eralp, N.** (2002). Osmanlılarda nişan ve madalya. H. C. Güzel vd. (Ed.), *Türkler* (Cilt 13, ss. 683-686) içinde. Yeni Türkiye Yayınları.
- Ertuğ, Z. T.** (2009). Sorguç. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (Cilt 37, ss. 378-380) içinde. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Erüreten, M.** (2001). *Osmanlı madalyaları ve nişanları* (E. Uzsay, Çev.). Kansu Matbaası.
- Grokopedia.** (t.y.). *Order of the Star of Jordan*. 20 Mayıs 2026 tarihinde <https://grokopedia.com/page/Order of the Star of Jordan> adresinden erişilmiştir.
- İpşirli, M.** (2008). Sah. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (Cilt 35, ss. 490-491) içinde. Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- İskifiyeli, Z.** (2007). Osmanlı Devleti tarafından Ermenilere verilen nişanlar. *Erciyes Üniversitesi I. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Sempozyumu: Hoşgörü Toplumunda Ermeniler* (Cilt 4, ss. 575-592) içinde. Erciyes Üniversitesi.

Koç Keskin, N. (2007). Osmanlı şiirinde iftihar ve imtiyaz simgeleri "çelenk", "otağa" ve "sorguç". *Journal of Turkish Studies*, 2(4), 495-515.

Millî Savunma Bakanlığı. (t.y.). *Nişan ve madalyaları*. 22 Mayıs 2026 tarihinde <https://ata.msb.gov.tr/Sayfa/SayfaGoster/nisan-ve-madalyalari> adresinden erişilmiştir.

Özger, Y. (2018). İkinci Meşrutiyet döneminde iktidarın yeni sembolü olarak hazırlanan Kanun-ı Esasi madalyası. *Journal of History School (JOHS)*, 11(35), 1-19.

Pakalın, M. Z. (1971). *Osmanlı tarih deyimleri ve terimleri sözlüğü* (Cilt 1-3). MEB Basımevi.

Repetski, I. (2025). *Orders and medals of Jordan*. World Awards Library.

Tekin, K. H. (2014). Osmanlı Devleti'nde gelenekten yeniliğe geçişin anlamlı bir sembolü: Mecidi nişanları. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 2(28), 393-411.

BEYOND THE RATIONAL AGENT: A BIBLIOMETRIC ROADMAP OF SOCIAL PREFERENCES IN MICROECONOMIC GAMES

RASYONEL BİREYİN ÖTESİ: MİKROİKTİSADİ OYUNLARDA SOSYAL TERCİHLERİN BİBLİYOMETRİK YOL HARİTASI

Faruk SEZER

Bayburt University, Vocational School of Social Sciences, Department of Transportation Services, Bayburt, Turkey,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2029-5064>

ÖZET

Giriş ve Amaç: Geleneksel neoklasik iktisadın rasyonel insan varsayımı modern karar verici bireylerin aldıkları kararları açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu çalışma bireylerin oyun teorisi ve deneysel iktisat bağlamında adalet, diğerkâmlık, güven ve karşılıklılık gibi normları dikkate alarak aldıkları kararları inceleyen entelektüel birikimi kapsamlı bir bibliometrik analize tabi tutmayı amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: Web of Science veri tabanından elde edilen veriler dil, doküman tipi, yıl ve son olarak da veri tabanının sunduğu kategoriler üzerinden bir eleme sürecinden geçirilmiştir. Bu eleme süreci sonucunda 2000 ile 2025 yıllarını kapsayan ve 487 makaleden oluşan çalışmanın rafine edilmiş veri tabanı ikinci aşamada R tabanlı bibliometrix ara yüzü ile analiz edilmiştir.

Sonuçlar: Literatürün yıllık %4,79 büyüme oranıyla (Annual Scientific Production) dinamik bir gelişim gösterdiği ve makale başına ortalama 45,02 atıf düşecek (Average Citation) şekilde güçlü bir entelektüel yapı kurduğu saptanmıştır. Analiz kapsamında, alana yön veren en ilgili dergiler (Most Relevant Sources), en üretken yazarlar (Most Relevant Authors) ve paradigma kurucu en çok atıf alan çalışmalar (Most Cited Documents) tespit edilmiştir. Kelime bulutu (Word Cloud) ve trend topik analizi (Trend Topic) sonuçları ise çalışma alanının kavramsal dönüşümüne dair bulguları ortaya çıkarmıştır.

Tartışma ve Sonuç: Bu çalışma, geleneksel ana akım iktisadın görmezden geldiği sosyal tercihlerin mikro iktisadi modellere hangi biçimlerde ve dönemlerde entegre olduğuna dair süreci görselleştirerek bibliometrik anlamda haritalandırmaktadır. Elde edilen bulgular, davranışsal ve deneysel iktisat literatüründeki paradigma dönüşümünü kronolojik bir perspektifle ortaya koyarak gelecek araştırmalar için rasyonel bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sosyal Tercihler; Oyun Teorisi; Deneysel İktisat; Bibliometrik Analiz; Bibliometrix

ABSTRACT

Introduction and Purpose: The rational agent assumption of traditional neoclassical economics falls short in explaining the decisions made by modern decision-makers. This study aims to subject the intellectual literature examining individuals' decisions—based on norms such as fairness, altruism, trust, and reciprocity within the framework of game theory and experimental economics—to a comprehensive bibliometric analysis.

Materials and Methods: Data retrieved from the Web of Science database underwent a screening process based on language, document type, year, and finally, the categories provided by the database. Consequently, a refined dataset consisting of 487 articles spanning the years 2000 to 2025 was analyzed using the R-based bibliometric interface in the second stage.

Results: The findings reveal that the literature exhibits a dynamic development with an Annual Scientific Production growth rate of 4.79% and has established a robust intellectual structure with an Average Citation rate of 45.02 per document. Within the scope of the analysis, the Most Relevant Sources, Most Relevant Authors, and paradigm-setting Most Cited Documents guiding the field were identified. Furthermore, Word Cloud and Trend Topic analysis results uncovered the conceptual transformation of the research area.

Discussion and Conclusion: This research provides a bibliometric mapping by visualizing how and in which periods social preferences, overlooked by traditional mainstream economics, have been integrated into microeconomic models. The findings present a rational roadmap for future research by outlining the paradigm shift within behavioral and experimental economics from a chronological perspective.

Key Words: Social Preferences; Game Theory; Experimental Economics; Bibliometric Analysis; Bibliometrix

BIBLIOMETRIC MAPPING OF THE BEHAVIORAL FINANCE AND COGNITIVE BIASES LITERATURE

DAVRANIŞSAL FİNANS VE BİLİŞSEL SAPMALAR LİTERATÜRÜNÜN BİBLİOMETRİK HARİTALAMASI

Faruk SEZER

Bayburt University, Vocational School of Social Sciences, Department of Transportation
Services, Bayburt, Turkey,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2029-5064>

ÖZET

Giriş ve Amaç: Geleneksel finans teorilerinin rasyonel yatırımcı varsayımı, finansal piyasalarda gözlemlenen anomali ve mikro düzeydeki kararları açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu çalışma; bireysel yatırımcıların aşırı güven (overconfidence), kayıptan kaçınma (loss aversion) ve sürü psikolojisi gibi sistematik bilişsel sapmalar nedeniyle rasyonel portföy yönetiminden nasıl uzaklaştıklarını ve bu psikolojik faktörlerin varlık fiyatlama modelleri üzerindeki etkilerini inceleyen yazını kapsamlı bir bibliometrik analize tabi tutmayı amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: Web of Science veri tabanından elde edilen veriler; dil (İngilizce), doküman tipi (makale) ve kategori (Business Finance & Economics) bazlı rafine edilmiştir. Bu filtreleme süreci sonucunda 2002–2025 yıllarını kapsayan, 395 makaleden oluşan nihai veri seti R tabanlı bibliometrix arayüzü kullanılarak analiz edilmiştir.

Sonuçlar: Yapılan analizler neticesinde davranışsal finans ve bilişsel sapmalar literatürünün yıllık büyüme oranı, doküman başına düşen ortalama atıf sayıları ve entelektüel yapısı ortaya konmuştur. Analiz kapsamında, alana yön veren en ilgili dergiler (Most Relevant Sources), en üretken yazarlar (Most Relevant Authors) ve paradigma kurucu en çok atıf alan çalışmalar (Most Cited Documents) tespit edilmiştir. Kelime bulutu (Word Cloud) ve trend topik analizi (Trend Topic) sonuçları ise yatırımcı psikolojisinin piyasa anomalilerine etkisini inceleyen kavramsal dönüşümü ve güncel eğilimleri ortaya çıkarmıştır.

Tartışma ve Sonuç: Bu çalışma, psikolojik faktörlerin finansal piyasalardaki mikro kararları nasıl bozduğunu inceleyen küresel literatürü haritalandırarak araştırmacılara bütüncül bir bakış açısı sunmaktadır. Elde edilen bulgular, geleneksel finans modellerinin ötesine geçen akademik birikimi görselleştirmekte ve bireysel yatırımcı davranışlarına yönelik daha etkin mikro piyasa mekanizmaları tasarlamak isteyen politika yapımcılar için rasyonel bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Davranışsal Finans; Bilişsel Sapmalar; Bireysel Yatırımcı; Piyasa Anomalileri

ABSTRACT

Introduction and Purpose: The rational investor assumption of traditional financial theories falls short in explaining market anomalies and micro-level decisions observed in financial markets. This study aims to subject the literature examining how individual investors deviate from rational portfolio management due to systematic cognitive biases—such as

overconfidence, loss aversion, and herding behavior—and how these psychological factors disrupt asset pricing models to a comprehensive bibliometric analysis.

Materials and Methods: Data retrieved from the Web of Science database were refined based on language (English), document type (article), and categories (Business Finance & Economics). Consequently, a final dataset consisting of 395 articles spanning the years 2002 to 2025 was analyzed using the R-based bibliometric interface.

Results: The analyses revealed the annual growth rate, average citations per document, and the intellectual structure of the behavioral finance and cognitive biases literature. Within the scope of the analysis, the Most Relevant Sources, Most Relevant Authors, and paradigm-setting Most Cited Documents guiding the field were identified. Furthermore, Word Cloud and Trend Topic analysis results uncovered the conceptual transformation and current trends examining the impact of investor psychology on market anomalies.

Discussion and Conclusion: This research provides a comprehensive overview for researchers by mapping the global literature that examines how psychological factors distort micro-decisions in financial markets. The findings visualize the academic accumulation that goes beyond traditional finance models and offer a rational roadmap for policymakers aiming to design more effective micro-market mechanisms for individual investor behavior.

Key Words: Behavioral Finance; Cognitive Biases; Individual Investor; Market Anomalies

SUSTAINABLE INNOCUOUS MATERIAL FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM AQUEOUS SYSTEMS

Hemalatha N.P

University of Mysuru, Research Scholar, PG Department of Chemistry, JSS College of Arts, Commerce and Science (A Research Centre Recognised by University of Mysore), Mysuru–570 025, Karnataka, India

ORCID:<https://orcid.org/0009-0004-2131-0224>

Rajendraprasad N

University of Mysuru, Associate Professor, PG Department of Chemistry, JSS College of Arts, Commerce and Science (A Research Centre Recognised by University of Mysore), Mysuru–570 025, Karnataka, India

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-7746-6939>

ABSTRACT

Cissus quadrangularis (CQ) is an abundant natural plant category in Southern India. When the finely divided CQ modified with citric acid (CA-CQ), the resulted activated CA-CQ material showed enhanced adsorption capacity to the metals. Therefore, a continuous fixed-bed column method was designed to analyze the evacuation of Cd^{+2} and Pb^{+2} ions with the aid of innocuous material CA-CQ from wastewater. The quantification of effluent utilised the developed reliable spectrophotometric methods based on the measurement of complexes of Cd(II) with alizarin red S and Pb(II) with xylenol orange at 575 and 590 nm, respectively. The proposed methods have been validated for linearity, reproducibility and applicability. The stoichiometry between metal and ligands were found as 1:2 and 1:1 in Cd(II) and Pb(II) quantification, respectively. In the removal of these heavy metals, the optimal CA-CQ dose, influent concentration, flow rate, pH, temperature and contact time were determined. The upper concentrations of Cd (II) and Pb (II) removed in this approach are 3500 and 600 $\mu\text{g/mL}$, respectively, at the corresponding effective pHs of 4 -5 and 6-7. Zero charge pHs of CA-CQ in both cases were also found. Thermodynamic and adsorption isotherm studies were performed. The column elution mode found fit well the Thomas, Adams-Bohart and Yoon-Nelson models in both cases. Since the results showed greater selectivity to remove Cd (II) and Pb (II) from water, these procedures can be adapted in industrial and water purification plants.

Keywords: Spectrophotometry, Pb^{+2} and Cd^{+2} removal, CA-CQ adsorbent, Xylenol orange, Alizarin red S, fixed bed column

STUDENT SATISFACTION WITH THE CHOSEN FIELD OF STUDY: DECISIONAL AUTONOMY, ACADEMIC SELF-ESTEEM AND TEACHING QUALITY

Bogdan N. Mucea

Decembrie 1918 University of Alba Iulia, Faculty of Law and Social Sciences, Department of
Social Sciences, Alba Iulia, Romania.

ABSTRACT

The choice of an academic specialisation carries lasting consequences for young people's professional trajectories and psychological well-being, and satisfaction with that choice is a central indicator of the quality of the academic experience. This study examines the level of satisfaction with the chosen specialisation among undergraduates at the “1 Decembrie 1918” University of Alba Iulia (UAB), Romania, and tests its associations with decisional autonomy, year of study, academic self-esteem, perceived employability and perceived teaching quality. A quantitative, cross-sectional survey design was employed, with a structured online questionnaire completed by 148 undergraduate students. Beyond bivariate non-parametric tests (Spearman correlations, Kruskal–Wallis, Mann–Whitney, chi-square and Wilcoxon tests), the analytical strategy was extended with reliability analysis (Cronbach's alpha and McDonald's omega), exploratory factor analysis, hierarchical multiple regression with an ordinal logistic robustness check, and a bootstrapped mediation analysis. Overall satisfaction was high ($M = 4.07$ on a five-point scale) and correlated significantly with the intention to work in the field ($\rho = .490$), perceived autonomy of choice ($\rho = .391$), academic self-esteem ($\rho = .622$), perceived employability ($\rho = .594$) and teaching quality ($\rho = .648$), all $p < .001$. In the hierarchical regression, internal and contextual factors together explained 60.6% of the variance in satisfaction, with perceived teaching quality ($\beta = .45$) and perceived employability ($\beta = .27$) the strongest unique predictors, followed by decisional autonomy ($\beta = .19$). Satisfaction fully mediated the relationship between teaching quality and the intention to work in the field (indirect effect = 0.39, 95% bootstrap CI [0.22, 0.60]). Decisional pressure and year of study showed no robust associations with satisfaction. The findings support a multidimensional conceptualisation of academic satisfaction and offer an evidence base for institutional interventions in career counselling, teaching quality and university–labour-market linkages.

Keywords: academic satisfaction; decisional autonomy; self-esteem; perceived employability; teaching quality; higher education.

BEYOND EMPLOYMENT OPPORTUNITIES: OUTSOURCING, GRADUATE PRECARIITY, AND WORK-FAMILY BALANCE IN THE DIGITAL ECONOMY

Isirabahenda Gonzague

Decembrie 1918" University of Alba Iulia, Faculty of Law and Social Sciences, Department of Social Sciences, Alba Iulia, Romania.

ABSTRACT

Global outsourcing by multinational corporations (MNCs) has expanded employment opportunities while simultaneously generating new forms of precarity among entry-level workers. Although extensive research has examined labour flexibilisation and emotional labour in outsourced workplaces, less attention has been paid to how outsourced employment shapes university-to-work transitions and work-family balance in post-communist contexts. Focusing on Romania's digitalised customer service sector, this ethnographic study investigates how young graduates navigate the transition from higher education to outsourced employment and its implications for their well-being and family lives. Drawing on ethnographic fieldwork, including semi-structured interviews and participatory observation, and analysed through a critical realist framework, the study reveals a persistent mismatch between workers' educational qualifications and routine job demands. The findings demonstrate how algorithmic performance monitoring, emotional labour requirements, and intensive productivity targets combine to intensify workplace pressure, contributing to burnout, career uncertainty, and turnover intentions. These labour processes extend beyond the workplace, disrupting the work-family balance and raising ethical concerns regarding privacy, consent, and managerial surveillance. Despite these constraints, workers actively develop coping and resistance strategies that challenge managerial control and negotiate alternative pathways to sustain their personal well-being and career aspirations. By examining the intersection of outsourcing, university-to-work transitions, and work-family balance, this study advances labour process debates by demonstrating how algorithmic forms of control simultaneously constrain workers while creating spaces for agency and resistance. These findings highlight the need for organisational policies that promote sustainable careers, safeguard employee well-being, and support family friendly work environments in the context of the digital outsourcing economy.

Keywords: Outsourcing; university-to-work transition; work-family balance; emotional labour; algorithmic management

**DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED CST-SU2 FRAMEWORK FOR
TRANSONIC SUPERCRITICAL AIRFOIL VARIANT GENERATION**

**TRANSONİK SÜPERKRİTİK KANAT PROFİLİ VARYANTI ÜRETİMİ İÇİN
ENTEGRE CST-SU2 ÇERÇEVESİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Res. Asst. Burhan Necati KIZILOĞLU

Sivas University of Science and Technology, Faculty of Aviation and Space Sciences,
Department of Aeronautical Engineering, Sivas, Turkey

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3817-7453>

Asst. Prof. Dr. Yunus ÇELİK

Sivas University of Science and Technology, Faculty of Aviation and Space Sciences,
Department of Aeronautical Engineering, Sivas, Turkey

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7762-3415>

ABSTRACT

Aerodynamic shape optimization of transonic supercritical airfoil traditionally requires computationally expensive parametric studies, motivating the development of automated, low-cost frameworks capable of efficiently exploring the design space. This paper presents an integrated computational framework that couples Class/Shape Transformation (CST) geometry parameterization with the open-source Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) solver SU2 for automated generation and aerodynamic evaluation of transonic supercritical airfoil variants. The RAE2822 airfoil is adopted as the baseline configuration and evaluated at under the AGARD Case 9 conditions ($Ma = 0.73$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$), geometrically valid airfoil variants are generated through systematic perturbation of the CST parameters and automatically evaluated using the SST $k-\omega$ turbulence model. The framework is first validated against the experimental pressure coefficient data reported for AGARD Case 9, showing good agreement and a reasonable prediction of the upper-surface shock location. The integrated framework completes the evaluation of each variant in approximately 440 CPU-minutes, demonstrating computational efficiency suitable for rapid design exploration. Among the investigated configurations, Variant 07 provides the highest lift-to-drag ratio ($L/D = 65.20$), representing a 69.30 % improvement compare to the baseline RAE2822 ($L/D = 38.51$). The results demonstrate the capability of the proposed CST–SU2 framework to automate transonic airfoil generation and aerodynamic evaluation, providing a practical basis for more advanced multi-objective and higher-fidelity optimization studies.

Keywords: CST geometry parameterization, SU2 RANS solver, transonic airfoil optimization, RAE2822, Computational Fluid Dynamics

ÖZET

Transonik süperkritik kanat profillerinin aerodinamik şekil optimizasyonu geleneksel olarak yüksek hesaplama maliyetli parametrik çalışmalar gerektirmekte, bu durum tasarım uzayını

verimli biçimde tarayabilen otomatik ve düşük maliyetli altyapı geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu çalışma; transonik süperkritik kanat profili varyantlarının otomatik üretimi ve aerodinamik değerlendirmesi amacıyla Sınıf/Şekil Fonksiyonu Dönüşümü (CST) geometri parametризasyonu açık kaynaklı Reynolds Ortalamalı Navier–Stokes (RANS) çözücüsü SU2 ile birleştiren entegre bir hesaplama altyapı sunmaktadır. Temel geometri olarak RAE2822 kanat profili seçilmiş ve AGARD Case 9 koşullarında ($Ma = 0.73$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$) incelenmiştir; CST parametrelerinin sistematik pertürbasyonu yoluyla geometrik olarak geçerli kanat profili varyantları türetilmiş ve SST $k-\omega$ türbülans modeli kullanılarak otomatik olarak çözümlenmiştir. Geliştirilen altyapı, öncelikle AGARD Case 9 için raporlanan deneysel basınç katsayısı verileriyle doğrulanmış; sonuçlar deney verileriyle güçlü bir uyum sergilemiş ve üst yüzey şok dalgası konumunu başarılı bir şekilde tahmin etmiştir. Entegre çerçeve, her bir varyantın analizini yaklaşık 440 CPU-dakikada tamamlayarak hızlı tasarım araştırmalarına elverişli bir hesaplama verimliliği ortaya koymaktadır. İncelenen konfigürasyonlar arasında Varyant 07, temel RAE2822 profiline ($L/D = 38.51$) kıyasla %69.30'luk bir artış göstererek en yüksek taşıma/sürüklenme oranını ($L/D = 65.20$) elde etmiştir. Elde edilen bulgular, önerilen CST–SU2 çerçevesinin transonik kanat profili üretimini ve aerodinamik değerlendirmesini otomatikleştirme potansiyelini ortaya koymakta; daha kapsamlı çok amaçlı ve yüksek doğruluklu optimizasyon çalışmaları için uygulanabilir bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: CST geometri parametризasyonu, SU2 RANS çözücüsü, transonik kanat profili optimizasyonu, RAE2822, Hesaplama Akışkanlar Dinamiği

INTRODUCTION

Transonic aerodynamic design presents one of the most technically demanding challenges in aerospace engineering. Commercial transport aircraft operating at cruise Mach numbers between 0.70 and 0.85 encounter a mixed subsonic supersonic flow environment in which small perturbations to the airfoil cross-section geometry can produce large changes in wave drag, shock location, and turbulent boundary-layer development. The aerodynamic efficiency at these conditions is therefore highly sensitive to the precise shaping of the airfoil upper and lower surfaces. The supercritical airfoil concept, introduced by Whitcomb and Clark (Whitcomb & Clark, 1965), addressed this sensitivity by deliberately reshaping the upper surface to distribute the chordwise loading more uniformly, thereby weakening the terminating shock and reducing the associated wave drag. One of the most popular supercritical airfoil which is the Royal Aircraft Establishment (RAE) 2822 airfoil is a representative example of this design philosophy and has been extensively used in transonic aerodynamic research (Cook et al., 1977). Its well-documented experimental pressure distributions under various transonic flow conditions make it a widely adopted benchmark for validating RANS-based numerical simulations.

On the other hand, parametric geometry representations provide a systematic mathematical basis for the generation of controlled shape variants and for the formulation of aerodynamic shape optimization problems. The Class/Shape Transformation (CST) method introduced by Kulfan and Bussolletti (Kulfan & Bussolletti, 2006) and subsequently formalized by Kulfan (Kulfan, 2008) has been widely adopted for aerodynamic shape parameterization due to its smooth Bernstein polynomial basis functions, compact coefficient representation, and ability to provide direct control over leading and trailing edge geometries. For this reason, the CST method is well suited to supercritical airfoil design because its basis functions naturally span the design space of rounded-leading-edge, at-upper-surface, rear-loaded profiles with a small set of design variables. After that, the wing profile, whose geometry has been modified using CST, must be analysed using a Reynolds-Averaged Navier Stokes (RANS) solver. RANS solvers provide the physical fidelity needed for credible transonic flow predictions, capturing

the coupled effects of compressibility, shock formation, and turbulent boundary-layer response. To achieve this, the open-source SU2 framework (Economou et al., 2016; Alonso et al., 2013), originally developed at Stanford University, is employed, offering a computational efficiency and high aerodynamic fidelity. It is a finite-volume RANS solver with an established validation record for external transonic aerodynamics, including the RAE2822 airfoil.

Although CST-based parameterization and SU2 have been widely established as effective tools for aerodynamic design and simulation, their integration into a fully automated workflow remains comparatively limited. In particular, there is a practical gap in frameworks that seamlessly connect geometry generation, geometric validity screening, mesh construction, RANS simulation, and quantitative post-processing within a single reproducible workflow. Furthermore, existing aerodynamic shape optimization and flow evaluation studies typically embed geometry parameterization within gradient-based (Jameson, 1988), evolutionary (Masters et al., 2017), surrogate-based robust design frameworks (Celik, 2026), as well as data-driven flow analysis approaches (Manolesos et al., 2026). These methodologies are well suited to complex design problems involving flow separation, multiple design objectives, and extensive design-space exploration, but their iterative nature can result in substantial computational requirements. In this context, a lightweight, scripted framework that enables traceable evaluation of a curated set of geometric variants offers complementary value for early-stage design exploration, academic research, and rapid concept screening.

The present paper addresses this gap by developing, validating, and demonstrating an integrated in-house CST-SU2 framework for the automated aerodynamic evaluation of transonic supercritical airfoil variants. The RAE2822 airfoil under AGARD Case 9 conditions serves as the baseline. A set of 50 geometric variants is generated through systematic perturbation of CST coefficients, screened for geometric validity, and evaluated by SU2 RANS simulation. The resulting aerodynamic performance is quantified and ranked, with the best-performing variant subsequently examined in greater detail. The study is intended as a proof-of-concept demonstration of the proposed automated framework and as a preliminary assessment of CST-generated transonic airfoil variants, rather than as a comprehensive optimization study.

The specific objectives of this study are to: (i) represent the RAE2822 baseline using CST parameterization and assess the accuracy of the resulting geometric representation; (ii) define a structured design space through controlled perturbation of the CST coefficients and generate a set of candidate airfoil variants; (iii) validate the SU2 RANS simulations against the experimental data for AGARD Case 9; (iv) evaluate and rank the generated variants based on their lift-to-drag ratios; and (v) examine the aerodynamic characteristics of the best-performing variant, with particular emphasis on its surface pressure distribution and shock behaviour.

METHODOLOGY

CST Parameterization

The Class/Shape Transformation (CST) method parametrizes an airfoil surface in normalized coordinates $\psi = x/c$, where ψ ranges from 0 to 1 and $\zeta = z/c$ through the product of a class function and a shape function, supplemented by a trailing edge thickness term:

$$\zeta(\psi) = C(\psi)S(\psi) + \psi\zeta_{TE}, \quad \psi = x/c \quad (1)$$

where $C(\psi)$ is the class function, $S(\psi)$ is the shape function, and ζ_{TE} is the normalised trailing edge half thickness. The class function enforces the fundamental geometric character of the cross-section:

$$C(\psi) = \psi^{N_1}(1 - \psi)^{N_2}, S(\psi) = \sum_{i=0}^n A_i B_{i,n}(\psi) \quad (2)$$

where $N_1 = 0.5$ and $N_2 = 1.0$ for a standard rounded-leading-edge airfoil. The exponent $N_1 = 0.5$ produces the square root leading edge geometry characteristic of a finite leading-edge radius, while $N_2 = 1.0$ enforces a finite trailing-edge angle. The shape function $S(\psi)$ is a linear combination of Bernstein polynomial basis function $B_{i,n}(\psi)$ of degree n :

$$B_{i,n}(\psi) = \binom{n}{i} \psi^i (1 - \psi)^{n-i} \quad (3)$$

where A_i are the CST shape coefficients the design variables for the parameterization. In the present study, Bernstein polynomials of order $n = 8$ are used independently for the upper and lower surfaces, yielding $(n + 1)$ coefficients per surface and $2(n + 1) = 18$ coefficient in total.

The upper- and lower-surface CST coefficients for the RAE 2822 baseline are determined by constrained least-squares fitting to the digitized coordinate data. Fitting accuracy is quantified by the root-mean-square residual:

$$\varepsilon_{RMS} = \sqrt{\left[\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (\zeta_j^{CST} - \zeta_j^{ref})^2 \right]} \quad (4)$$

where M is the number of reference coordinate stations. A fitting residual of $\varepsilon_{RMS} < 10^{-4}$ is required before the baseline coefficient vector is used as the centre of the design space.

Framework Architecture

The integrated CST-SU2 framework is implemented entirely in Python 3.13.14 and comprises six sequential modules whose data flow is illustrated below and shown in Figure 1.

Module 1 Geometry Ingestion: The RAE 2822 coordinate data are read from a formatted ASCII file in Selig format (upper surface from trailing edge to leading edge, then lower surface). Completeness, ordering convention, and trailing-edge closure are verified automatically.

Module 2 CST Fitting: The baseline airfoil is decomposed into upper and lower surfaces and fitted independently using the CST formulation. The resulting coefficient vectors A_{upper} and A_{lower} serve as the centre of the variant design space.

Module 3 Variant Generation: CST coefficients are perturbed within the bounds listed in Table 1, using Uniform Random Sampling to produce 50 candidate variant geometries. Each candidate's surface coordinates are reconstructed at 9 uniformly distributed chordwise stations per surface.

Module 4 Geometric Validity Screening: Each candidate variant is subjected to a five-fold evaluation process: upper and lower surfaces must not exhibit self-intersection; the leading-edge radius R_{LE} must remain above a prescribed lower bound relative to the baseline leading-edge radius $R_{LE,base}$ the maximum thickness ratio t/c must not exceed a specified upper threshold in comparison to the baseline thickness ratio t/c_{base} , the trailing-edge closure parameter $\Delta\zeta_{TE}$ must fall within an acceptable limiting margin and the upper surface must show no unphysical curvature reversals along the designated spatial domain. Variants failing to satisfy any of these criteria are rejected.

Module 5 Mesh Generation: Accepted variants are meshed using Gmsh meshing tool with a O-type domain shape. All domain dimensions, mesh growth parameters, and surface point distributions are held constant across all variants to ensure a controlled aerodynamic comparison.

Module 6 SU2-RANS Evaluation and Post-processing: SU2 is invoked by Python subprocess for each accepted variant. Upon convergence, the framework extracts lift coefficient (C_L), drag coefficient (C_D) and lift-to-drag ratios (L/D) from the SU2 output, generates surface pressure coefficient (C_p) distributions, and writes volume data for Mach-number contour visualization. All results are collated in a structured performance table and ranked by L/D ratio.

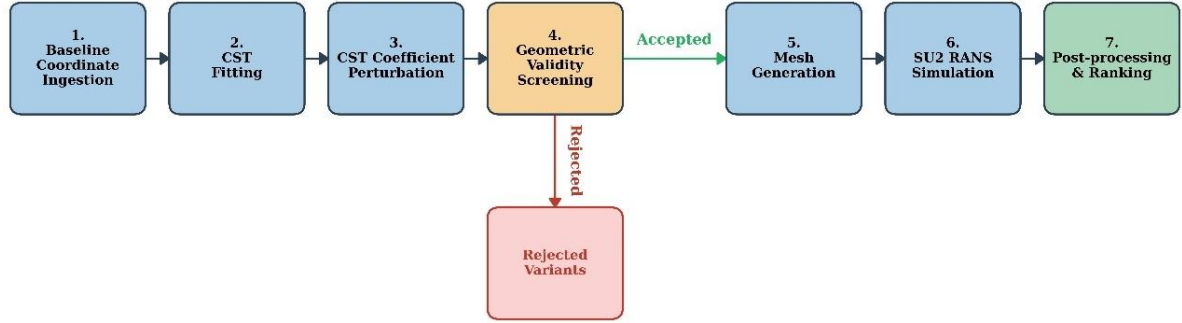


Figure 1: Data flow of the CST-SU2 framework code

Baseline Airfoil and Variant Generation

The RAE 2822 is a 12.1%-thick transonic research airfoil developed at the Royal Aircraft Establishment and fully documented in the AGARD AR-138 report (Bartels, 1998). Its supercritical design characteristics a near-flat upper surface, a rounded leading edge, and a rear-loaded camber distribution have made it the canonical benchmark for RANS-based transonic airfoil validation. The AGARD Case 9 flow conditions ($Ma = 0.730$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$) produce a well-defined transonic flow with a distinct upper-surface shock and are accompanied by experimentally measured surface pressure coefficients (Cook et al., 1977; Bartels, 1998).

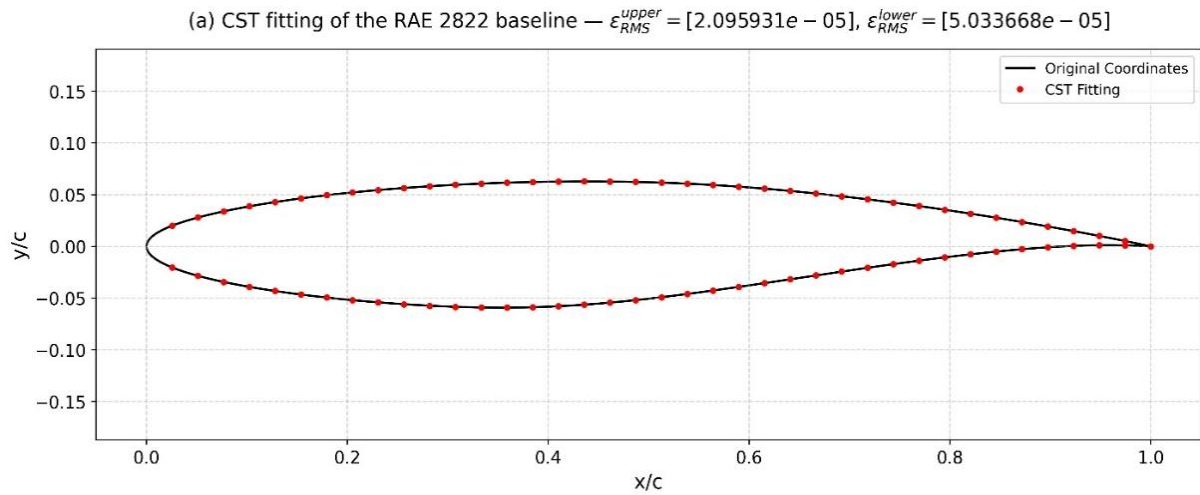
The RAE 2822 coordinate data used in the present study are sourced from AGARD AR-138 (Bartels, 1998). CST fitting with Bernstein order $n = 8$ yields baseline coefficient vectors A_{upper} and A_{lower} listed in Table 1. The fitting residuals are $\varepsilon_{RMS}^{upper} = 2.1 \times 10^{-5}$ and $\varepsilon_{RMS}^{lower} = 5.03 \times 10^{-5}$, confirming accurate geometric representation. Geometric variants are produced by independent additive perturbation of each coefficient:

$$A_i^{var} = A_i^{base} + \delta A_i, \quad \delta A_i \in [\delta A_i^{min}, \delta A_i^{max}] \quad (5)$$

where the bounds, shown in Table 1, are chosen to maintain a physically reasonable supercritical shape. A total of 50 candidate variants are generated and all geometric validity checks and carried forward to Computational Fluid Dynamics (CFD) evaluation. The reconstructed baseline geometry and the family of accepted variant airfoils are shown in Figure 2.

Table 1: CST coefficient bounds and Bernstein polynomial order used for variant generation. Baseline values are obtained from least-squares fitting of the RAE 2822 coordinate data.

Surface	Bernstein Order n	Coefficient index i	Baseline Value A_i	Lower bound	Upper bound	Perturbation range $\pm$
Upper	8	0	0.1285	0.0925	0.1645	0.0360
Upper	8	1	0.1249	0.0913	0.1585	0.0336
Upper	8	2	0.1778	0.1488	0.2067	0.0289
Upper	8	3	0.1158	0.0901	0.1414	0.0257
Upper	8	4	0.2182	0.1935	0.2429	0.0247
Upper	8	5	0.1740	0.1484	0.1997	0.0257
Upper	8	6	0.1992	0.1703	0.2282	0.0289
Upper	8	7	0.1892	0.1556	0.2228	0.0336
Upper	8	8	0.2091	0.1731	0.2451	0.0360
Lower	8	0	-0.1280	-0.1640	-0.0920	0.0360
Lower	8	1	-0.1420	-0.1756	-0.1084	0.0336
Lower	8	2	-0.1362	-0.1651	-0.1072	0.0289
Lower	8	3	-0.1578	-0.1835	-0.1321	0.0257
Lower	8	4	-0.2433	-0.2679	-0.2186	0.0247
Lower	8	5	-0.0290	-0.0546	-0.0033	0.0257
Lower	8	6	-0.1431	-0.1721	-0.1142	0.0289
Lower	8	7	-0.0192	-0.0528	0.0144	0.0336
Lower	8	8	0.0556	0.0196	0.0916	0.0360



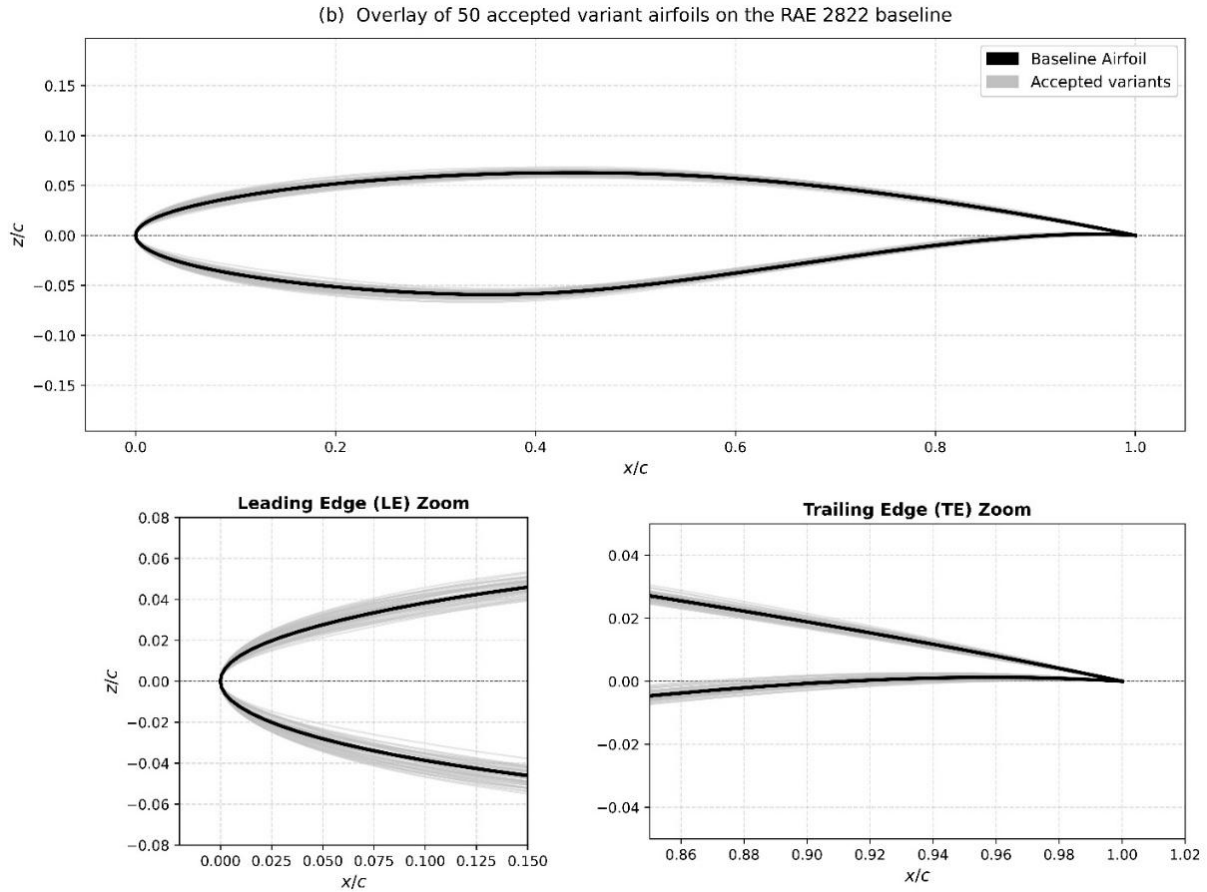


Figure 2: (a) CST reconstruction of the RAE2822 baseline airfoil overlaid on the original coordinate data, (b) overlay of all 50 geometrically accepted variant airfoils on the RAE2822

Numeric Setup

Steady-state compressible RANS simulations are performed using SU2. The flow conditions corresponding to AGARD Case 9 are: $Ma = 0.730$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$, and freestream temperature $T = 293.15$ K. Turbulence is modelled using SST $k-\omega$ two-equation closure (Menter, 1994). The convective fluxes are discretized with the Roe flux-difference splitting scheme using third-order MUSCL reconstruction. Gradients are computed by the Green-Gauss method. Time integration uses implicit Euler with a CFL number of 1, ramped from 10 to 0.1 by adaptive stepping. The computational domain is a O-type structured mesh with the far-field boundary located 100 chord lengths from the airfoil. Key parameters for the production mesh are summarized in Table 2. Convergence is declared when the density residual has decreased by 3 orders of magnitude and the change in C_L and C_D over the final 12000 iterations falls below 10^{-6} . A no-slip adiabatic wall boundary condition is applied at the airfoil surface; a Riemann-invariant far-field condition is applied at the outer boundary. All SU2 configuration parameters are held constant across all evaluated variants to ensure a controlled aerodynamic comparison.

Solver Validation

Prior to variant evaluation, the SU2 RANS configuration is validated against AGARD Case 9 experimental data for the RAE 2822 baseline. Validation proceeds in two steps: a mesh independence study and a surface pressure coefficient comparison.

In the mesh independence study, five mesh levels (coarse, medium-coarse, medium, fine and extra fine) are evaluated for the RAE 2822 baseline at AGARD Case 9 conditions. The integral aerodynamic coefficients result is listed in Table 2. The fine mesh is selected for all variant

evaluations as the optimal balance between numerical accuracy and computational cost, on the basis that the change in C_L and C_D relative to the extra fine mesh is within 0.001% and 0.118% respectively.

Table 2: Mesh independence study for the RAE 2822 baseline at AGARD Case 9 conditions ($Ma = 0.730$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$)

Mesh	Cells	Surface Nodes	First-layer height (m)	y^+	C_L	C_D
Coarse	143049	250	5×10^{-6}	1.70	0.84575	0.02212
Medium-Coarse	258599	500	5×10^{-6}	1.43	0.84595	0.02203
Medium	423205	750	5×10^{-6}	1.21	0.84542	0.02197
Fine	762907	1000	5×10^{-6}	0.99	0.84493	0.02193
Extra Fine	1869897	1500	5×10^{-6}	0.87	0.84494	0.02191

To assess the predictive accuracy of the current numerical framework, the computed surface pressure coefficient distribution C_p for the baseline RAE 2822 airfoil is benchmarked against the established experimental data reported. (Cook et al., 1977; Bartels, 1998) as illustrated in Figure 3.

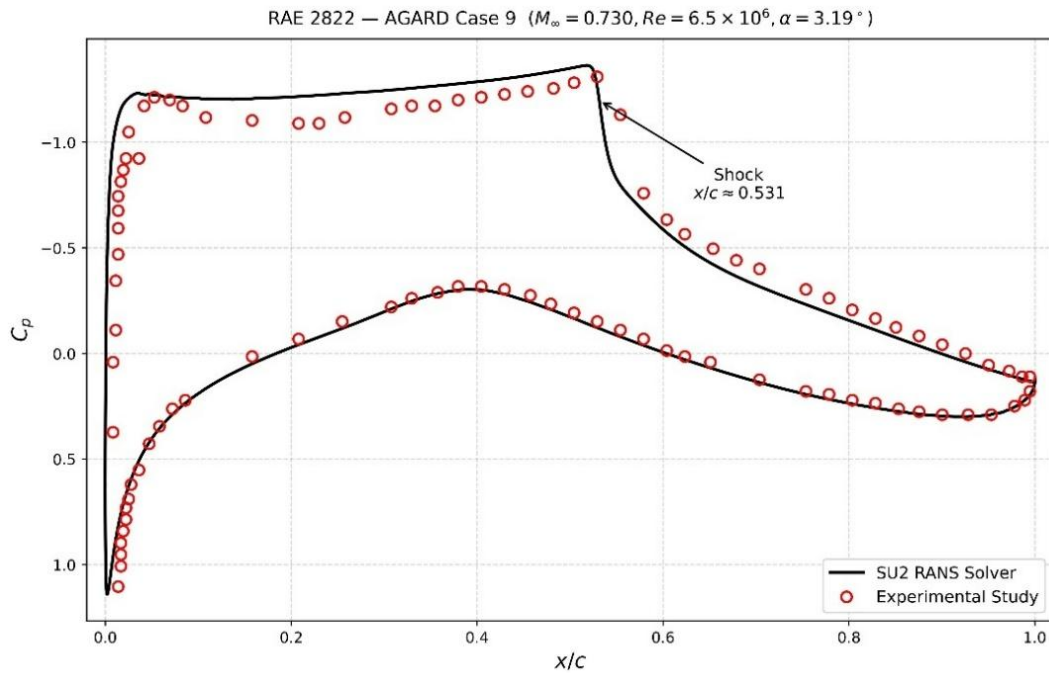


Figure 3: Surface pressure coefficient distribution on the baseline RAE2822 at AGARD Case 9 conditions ($Ma = 0.730$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$)

The comparison presented in Figure 3 demonstrates that the SU2 RANS solver accurately captures the experimental pressure distribution, including the leading-edge suction peak, the lower-surface loading, and the shock position at approximately $x/c = 0.531$. Minor discrepancies in post-shock pressure recovery remain well within acceptable numerical and experimental tolerances. Synthesizing these local flow features with the mesh independence results in Table 2 confirms that the fine mesh configuration achieves an optimal balance of

accuracy $y^+ \leq 1$ and computational efficiency. Thus, the numerical setup provides sufficient confidence and fidelity to serve as the baseline for all further aerodynamic investigations.

RESULTS

Workflow Demonstration

The integrated CST-SU2 framework was exercised for the RAE 2822 baseline and 50 candidate variants. The CST fitting of the baseline at Bernstein order $n = 8$ yielded fitting residuals of $\varepsilon_{RMS}^{upper} = 2.1 \times 10^{-5}$ and $\varepsilon_{RMS}^{lower} = 5.03 \times 10^{-5}$, confirming accurate geometric representation. The reconstructed baseline and the family of accepted variant geometries demonstrate that all accepted shapes remain within a physically plausible design space while exhibiting controlled geometric diversity.

A representative convergence history shows that the density residual decreases by 3 orders of magnitude over 12000 iterations, and both C_L and C_D reach stable asymptotic values within approximately 10000 iterations. This convergence behaviour is representative of all accepted variants. The total wall-clock time per variant include mesh generation and CFD evaluation is approximately 440 CPU-minutes.

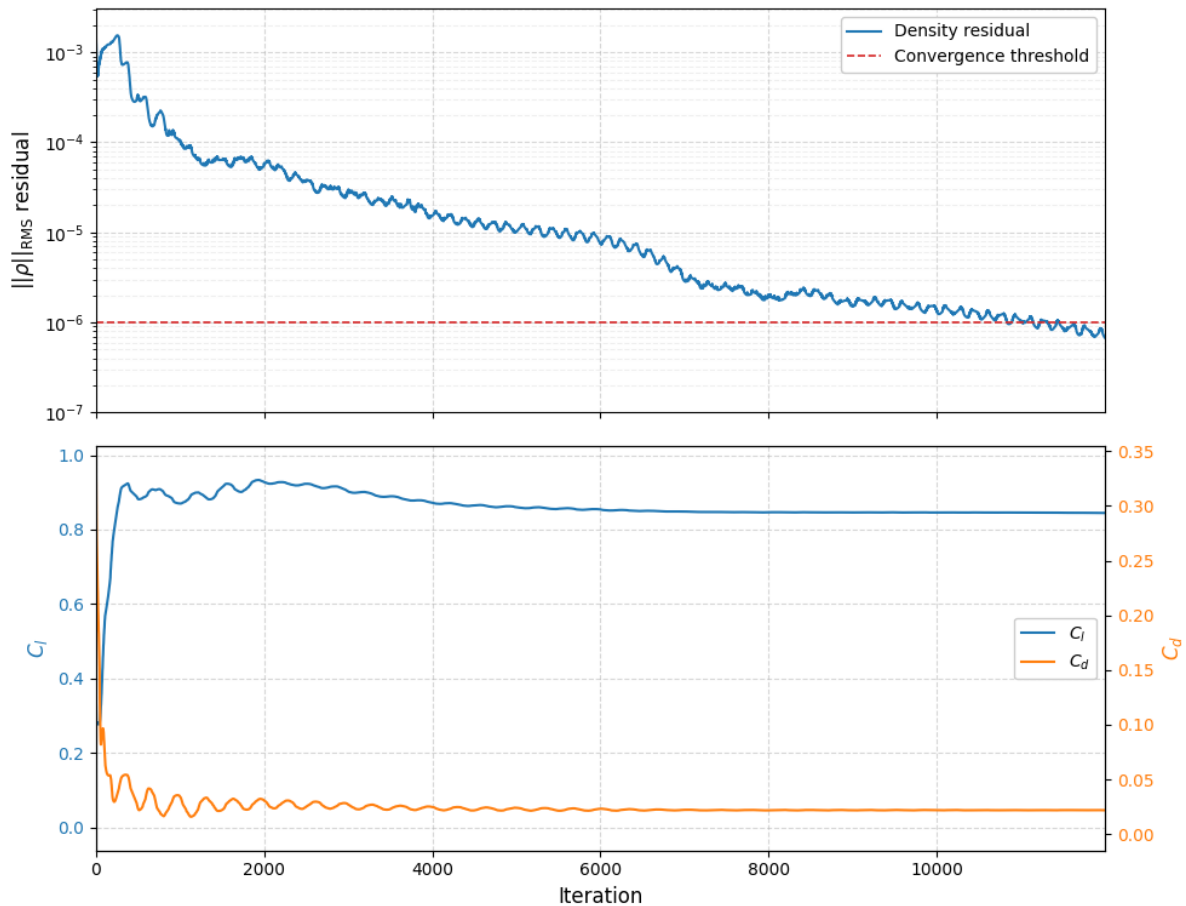


Figure 4: Convergence history of a representative Variant 07 at AGARD Case 9 conditions. *Upper panel:* density residual normalized by its initial value (log10 scale). *Lower panel:* evolution of lift coefficient C_L (left axis, blue line) and drag coefficient C_D (right axis, orange line) with iteration count

Variant Performance Summary

The integral aerodynamic coefficients and lift-to-drag ratios for the baseline RAE 2822 airfoil and representative CST-generated variants are summarized in Table 3. Under AGARD Case 9

conditions, the baseline airfoil yields $C_L = 0.845$, $C_D = 0.022$ and $L/D = 38.513$. Across the entire screening set of 50 evaluated variants, the aerodynamic coefficients span broad intervals, with C_L ranging from 0.74 to 0.90, C_D from 0.013 to 0.031, and L/D from 25.2 to 65.2. As detailed in the table, the majority of the perturbed geometries outperform the baseline configuration, demonstrating the capability of the CST perturbation framework to explore favourable regions of the design space effectively. In particular, Variant 07 achieves the peak aerodynamic efficiency with an L/D of 65.204, corresponding to a 69.30% enhancement over the baseline configuration. This substantial gain is primarily driven by a sharp reduction in total drag from $C_D = 0.022$ to 0.013, accompanied by a slight increase in the lift coefficient ($C_L = 0.854$).

Table 3: Integral aerodynamic coefficients of all variants and the RAE 2822 baseline at AGARD Case 9 conditions ($Ma = 0.730$, $Re = 6.5 \times 10^6$, $\alpha = 3.19^\circ$)

Variant ID	C_L	C_D	L/D	L/D_{norm}	$\Delta L/D(\%)$
Baseline	0.845	0.022	38.513	1.000	0.00
Variant01	0.777	0.031	25.281	0.656	-34.36
Variant02	0.880	0.022	40.869	1.061	6.12
Variant04	0.839	0.028	29.698	0.771	-22.89
Variant06	0.762	0.027	28.205	0.732	-26.76
Variant07	0.854	0.013	65.204	1.693	69.30
Variant09	0.860	0.017	50.279	1.305	30.55
Variant10	0.824	0.023	36.019	0.935	-6.48
Variant14	0.871	0.021	42.083	1.093	9.27
Variant15	0.858	0.021	41.407	1.075	7.51
Variant17	0.874	0.021	42.460	1.102	10.25
Variant20	0.829	0.021	39.510	1.026	2.59
Variant21	0.794	0.020	39.505	1.026	2.57
Variant24	0.859	0.020	43.293	1.124	12.41
Variant33	0.773	0.024	32.901	0.854	-14.57
Variant36	0.816	0.030	27.129	0.704	-29.56
Variant37	0.826	0.021	39.741	1.032	3.19
Variant40	0.886	0.017	51.657	1.341	34.13
Variant41	0.879	0.023	37.868	0.983	-1.68
Variant42	0.863	0.020	43.495	1.129	12.94
Variant45	0.854	0.019	43.852	1.139	13.86
Variant49	0.831	0.018	46.019	1.195	19.49

To better visualize these performance variations, Figure 5 presents the ranked distribution of normalized lift-to-drag ratios (L/D_{norm}) relative to the baseline (indicated by the dashed reference line at 1.0). The comparative graph shows the lift-to-drag ratio of randomly selected geometries, including the worst and best performing variants relative to the baseline RAE2822 airfoil. Among all configurations, Variant 07 achieves the highest aerodynamic efficiency ($L/D = 65.204$ and $L/D_{norm} = 1.693$), representing a 69.30% improvement over the

baseline. This remarkable enhancement is primarily driven by a substantial drag reduction to $C_D = 0.022$ while sustaining an elevated lift coefficient of $C_L = 0.854$.

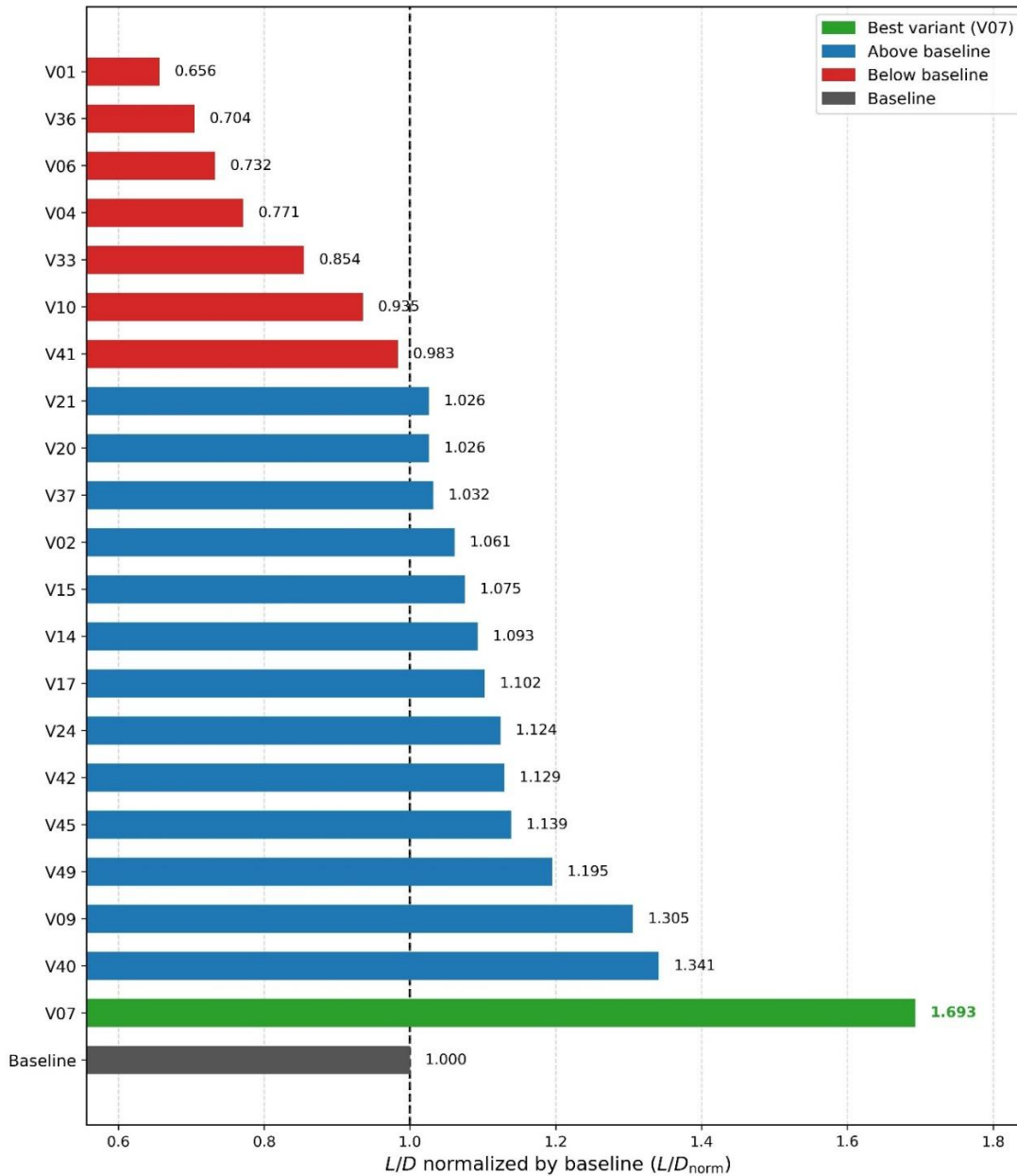


Figure 5: Lift-to-drag ratio of selected variant normalized by the baseline L/D ($L/D_{norm}=1.0$, dashed reference line)

Best Variant and Baseline Comparison

A comprehensive comparison between the baseline RAE 2822 airfoil and the Variant 07 is presented in Table 4 and Figure 6. Under identical AGARD Case 9 flow conditions, Variant 07 demonstrates a substantial aerodynamic enhancement, marked by a significant reduction in drag and an improved lift-to-drag ratio.

Table 4: Detailed aerodynamic comparison of the best variant (Variant 07) against the RAE 2822 baseline at AGARD Case 9 conditions

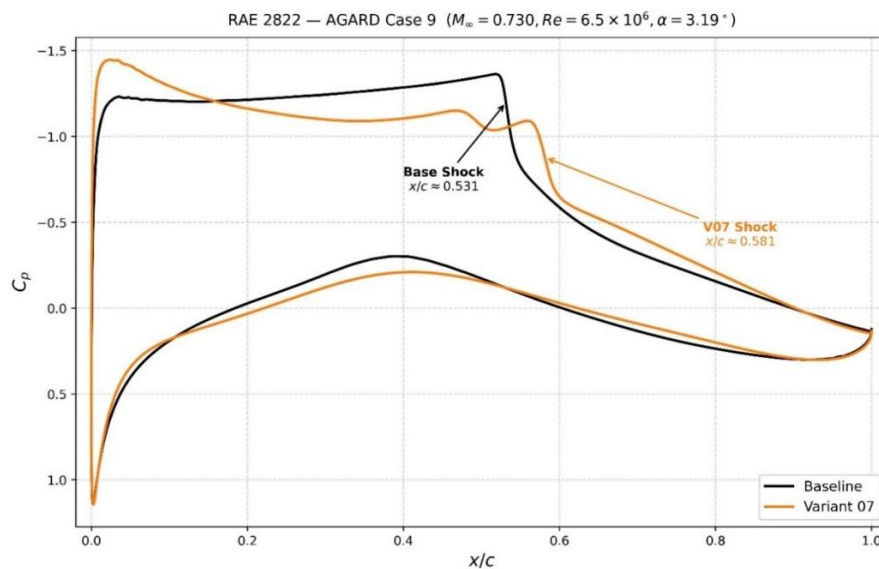
Quantity	Baseline Airfoil	Variant07 Airfoil	Relative (Δ)%
C_L	0.845	0.854	+1.08%
C_D	0.022	0.013	-40.30%
L/D	38.513	65.204	+96.30%
Shock location (x/c)	0.531	0.581	-
Max. Suction ($-C_p$)	1.141	1.143	-

Shock behaviour: The surface C_p comparison reveals that Variant 07 exhibits a weaker terminating shock at approximately $x/c = 0.581$ compared with the baseline shock at $x/c = 0.531$ approximately. A rearward shift in shock location is associated with a smaller supersonic pocket over the upper surface, which in turn affects wave drag and the total pressure-drag coefficient.

Suction peak: The upper-surface suction peak of Variant 07 at approximately $x/c = 0.581$ is reduced relative to the baseline, consistent with the higher C_l of this variant.

Pressure recovery: The post-shock pressure recovery and associated boundary layer stability dictate the susceptibility to trailing-edge separation. Similar flow separation mechanisms and their mitigation through passive surface modifications or controlled contour tailoring have been extensively studied across various thick and modified aerodynamic bodies (Manolesos et al., 2026; Celik, 2026), highlighting the critical sensitivity of rear-loading and surface curvature to overall aerodynamic drag.

Mach contours: The Mach number contours in Figure 6b provide insight into the substantial drag reduction achieved by Variant 07. While the baseline airfoil generates a strong normal shock on the upper surface accompanied by noticeable post-shock boundary layer thickening, Variant 07 considerably weakens and extend the shock structure. This shock mitigation directly suppresses wave drag and minimizes boundary layer losses, accounting for the remarkable improvement in the lift-to-drag ratio.



a

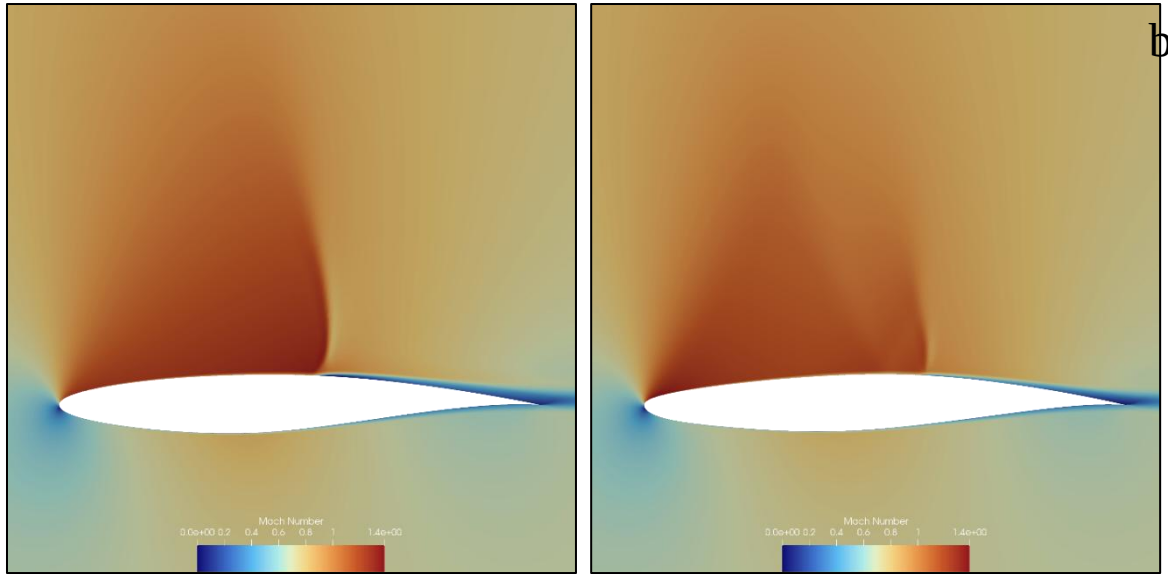


Figure 6: (a) Surface pressure coefficient distributions (b) Mach-number contour comparison; left: baseline; right: Variant 07

CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

An integrated CST-SU2 computational framework has been developed and demonstrated for the rapid aerodynamic evaluation of transonic supercritical airfoil variants. The framework automates the complete evaluation workflow CST-based geometry generation, geometric validity screening, structured mesh construction, SU2 RANS simulation, and performance post-processing enabling systematic and reproducible evaluation of variant design spaces with minimal effort.

The RAE 2822 baseline airfoil is accurately represented by the CST parameterization with Bernstein polynomial order $n = 8$, yielding fitting residuals of $\epsilon_{RMS}^{upper} = 2.1 \times 10^{-5}$ and $\epsilon_{RMS}^{lower} = 5.03 \times 10^{-5}$. The parameterization supports a geometrically diverse variant set while preserving the supercritical character of all candidate airfoils. For the numerical simulations, the SU2 RANS solver, coupled with the SST SST $k-\omega$ two-equation turbulence model, successfully captures the experimental surface pressure coefficient distribution of the AGARD Case 9 benchmark. In the assessment carried out following numerical analyses, the strong quantitative alignment achieved with the experimental data confirms the reliability of the present numerical setup, yielding predictions fully consistent with established RANS literature.

In this study, among 50 variants, 38 variants produce L/D values exceeding the baseline. The best-performing candidate, Variant 07, achieves a 69.30% improvement in L/D driven primarily by a reduction in wave drag (0.022 to 0.0130). The integrated framework completes the full evaluation of all variants in approximately 440 CPU-minutes, demonstrating the practical efficiency of the approach for early-stage design-space exploration.

Future work will focus on extending the proposed framework in several directions. First, integrating the SU2 adjoint solver will enable efficient, gradient-based aerodynamic shape optimization within the combined computational framework. Second, the formulation will be expanded to multi-point design evaluations across varying Mach numbers and angles of attack to enhance off-design aerodynamic robustness. Finally, the methodology will be generalized to three-dimensional wing geometries by applying CST parameterization across spanwise cross-sections.

References

- Whitcomb, R. T., & Clark, L. R. (1965). An airfoil shape for efficient flight at supercritical Mach numbers (No. NASA-TM-X-1109). National Aeronautics and Space Administration.
- Cook, P. H., Firmin, M. C. P., & McDonald, M. A. (1977). Aerofoil RAE 2822: pressure distributions, and boundary layer and wake measurements. RAE.
- B. M. Kulfan and J. E. Bussoletti, "Fundamental parametric geometry representations for aircraft component shapes," AIAA Paper 2006-6948, 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Portsmouth, Virginia, September 2006. <https://doi.org/10.2514/6.2006-6948>
- Kulfan, B. M. (2008). Universal parametric geometry representation method. Journal of aircraft, 45(1), 142-158. <https://doi.org/10.2514/6.2007-62>
- Economon, T. D., Palacios, F., Copeland, S. R., Lukaczyk, T. W., & Alonso, J. J. (2016). SU2: An open-source suite for multiphysics simulation and design. Aiaa Journal, 54(3), 828-846. <https://doi.org/10.2514/1.j053813>
- Alonso, J. J., Aranake, A. C., Duraisamy, K., Economon, T. D., Lonkar, A. K., Palacios, F., ... & Copeland, S. R. (2013, January). Stanford university unstructured (SU 2): An open-source integrated computational environment for multi-physics simulation and design. In 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. <https://doi.org/10.2514/6.2013-287>
- Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA journal, 32(8), 1598-1605.
- Jameson, A. (1988). Aerodynamic design via control theory. Journal of scientific computing, 3(3), 233-260.
- Masters, D. A., Taylor, N. J., Rendall, T. C. S., Allen, C. B., & Poole, D. J. (2017). Geometric comparison of aerofoil shape parameterization methods. AIAA journal, 55(5), 1575-1589. <https://doi.org/10.2514/1.j054943>
- Jameson, A., Schmidt, W., & Turkel, E. (1981, June). Numerical solution of the Euler equations by finite volume methods using Runge Kutta time stepping schemes. In 14th fluid and plasma dynamics conference (p. 1259).
- Bartels, R. E. (1998). Flow and turbulence modeling and computation of shock buffet onset for conventional and supercritical airfoils (No. L-17599).
- Celik, Y. (2026). Surrogate-based robust design of asymmetric splitter plates for aerodynamic performance efficiency of flatback airfoils. Physics of Fluids, 38(4). <https://doi.org/10.1063/5.0325553>
- Manolesos, M., Celik, Y., Kellaris, K., Ramsay, H., Karande, R., Wood, B., ... & Papadakis, G. (2026). Flow separation and control on a 35% thick wind turbine airfoil: experiments, simulations and data driven analysis. Aerospace Science and Technology, 112639. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5437650>
- Celik, Y., & Kiziloglu, B. N. (2026). Biomimetic Groove and Elliptical Bluffness Synergy for Enhanced Vortex-Induced Vibration Excitation. CMES-Computer Modeling in Engineering and Sciences, 148(1). <https://doi.org/10.32604/cmesc.2026.084744>

PSO-TUNED FRACTIONAL-ORDER PID CONTROL FOR ROBUST TIP POSITION TRACKING OF A SINGLE-LINK FLEXIBLE MANIPULATOR

Maria BENMAMMAR

Laboratory of Robotics, Parallelism and Embedded Systems (LRPE), Department of Automatic Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Science and Technology Houari Boumediene, Algiers, Algeria.

Samir LADACI

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-6275-3844>

Department of Automatic Control Engineering, Ecole Nationale Polytechnique, El Harrach, Algiers 16200, Algeria.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6931-4911>

Moufid MANSOUR

Laboratory of Robotics, Parallelism and Embedded Systems, Department of Automatic Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Science and Technology Houari Boumediene, Algiers 16111, Algeria.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-2483-2803>

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of integer-order and fractional-order control strategies for tip position tracking of a single-link flexible manipulator. The plant is reproduced from the sixth-order model of Pal et al., including the rigid-body contribution and the first two flexible vibration modes. Five controller configurations are investigated: an automatically tuned filtered PID controller, a Particle Swarm Optimization (PSO)-based PIDF controller, a PSO-tuned fractional-order PID controller, and robust PSO redesigns of the PIDF and FOPID structures. The fractional operators of the $PI\lambda D\mu$ structure are implemented through the Oustaloup recursive approximation over a specified frequency range.

The optimization objective combines integral time absolute error, root mean square error, overshoot, and settling time in order to improve tracking performance while reducing residual oscillations. The controllers are evaluated using step, ramp, and raised-cosine reference trajectories. In addition, fractional state-space behavior is simulated using the Grünwald-Letnikov approximation, and stability is examined using Lyapunov verification and Matignon's fractional-order stability criterion. Robustness is further assessed under parametric uncertainties and neglected flexible dynamics, with complementary disturbance and measurement-noise tests.

The obtained results show that FOPID-PSO provides the best nominal raised-cosine tracking accuracy, with $RMSE = 4.34 \times 10^{-3}$ compared with 5.43×10^{-3} for PIDF-PSO, an improvement of about 20.2%. Nominal optimization alone is not sufficient for robustness: PIDF-PSO and FOPID-PSO become unstable when the first omitted elastic mode is introduced and remain stable in only 30% and 70% of 200 common uncertainty draws. After multi-model robust redesign, both architectures remain stable in all tested draws and on the eighth-order spillover

plant. Robust FOPID achieves $RMSE = 1.91 \times 10^{-2}$ versus 2.19×10^{-2} for robust PIDF, while robust PIDF retains the larger spillover decay margin and lower noisy command demand. The results therefore support fractional-order flexibility as a tracking advantage when combined with explicit stability and omitted-mode constraints.

Keywords: Flexible manipulator, single-link robot, fractional-order PID, Particle Swarm Optimization.

FACTORS ASSOCIATED WITH BRAKE SYSTEM FAILURES IN TRUCKS AND FIELD APPLICATIONS

KAMYONLARDA FREN SİSTEMİ ARIZALARIYLA İLİŞKİLİ FAKTÖRLER VE SAHA UYGULAMALARI

Veysel Karani YILMAZ

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-1770>

Yusuf Tuna BİRER

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

Aksaray Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3801-4357>

Sezer SAĞLAM

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği, Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-0808-3805>

Rifat AKGÜL

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-3117-0670>

Prof. Dr. Ahmet AVCI

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

Kto Karatay Üniversitesi, Ticaret ve Sanayi Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1946-6260>

Özet

Kamyonlarda meydana gelen fren sistemi arızaları, araç kontrolünün kaybedilmesi, frenleme mesafesinin uzaması ve ciddi trafik kazalarına yol açabilmesi nedeniyle önemli bir güvenlik problemi oluşturmaktadır. Bu çalışma, kamyonlarda fren sistemi arızalarıyla ilişkili temel faktörleri incelemekte ve bu arızaların önlenmesine yönelik saha uygulamalarını değerlendirmektedir. Çalışmada, güvenilirlikleri ve operasyonel etkinlikleri nedeniyle ağır

ticari araçlarda yaygın olarak kullanılan havalı fren sistemlerine özel önem verilmiştir. Literatürde yaygın olarak bildirilen fren arızası mekanizmaları; hava basıncı kaybı, hava kaçakları, fren balatası aşınması, termal kaynaklı performans kayıpları, fren kampanaları ve disklerinde aşırı ısınma, sürtünme yüzeylerinin kirlenmesi, bileşen yorulması ve yetersiz bakım uygulamaları olarak ele alınmaktadır. Ayrıca araçların aşırı yüklenmesi, zorlu çalışma koşulları, uzun süreli fren kullanımı ve uygunsuz sürüş uygulamaları gibi operasyonel faktörlerin fren sistemi performansı ve güvenilirliği üzerindeki etkileri de değerlendirilmektedir. Fren sistemi arızalarının sıklıkla yetersiz bakım faaliyetleri, düzensiz denetimler, aşınmış bileşenlerin zamanında değiştirilmemesi ve fren sistemi performansının yetersiz şekilde izlenmesi gibi konulardan meydana gelmektedir. Bunun yanında çevresel koşulların ve işletme şartlarının fren bileşenlerinin aşınmasını hızlandırarak sistem güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Çalışma kapsamında literatürde yer alan önleyici yaklaşımlar incelenmiş; periyodik bakım uygulamaları, koşula dayalı denetimler, sistem izleme faaliyetleri ve kök neden analizi yöntemlerinin fren sistemi güvenilirliğinin artırılmasındaki rolü değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, kamyonlarda fren sistemi güvenilirliğinin artırılması için düzenli bakım faaliyetleri, sistematik denetim süreçleri ve kritik bileşenlerin etkin şekilde izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu uygulamaların araç güvenliğinin artırılmasına, plansız duruş sürelerinin azaltılmasına ve bileşen ömürlerinin uzatılmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kamyonlar, Fren Sistemi Arızaları, Havalı Fren Sistemleri, Araç Güvenliği, Bakım Yönetimi, Saha Uygulamaları

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Brake system failures in trucks constitute a significant safety concern, as they can lead to loss of vehicle control, extended braking distances, and severe traffic accidents. This study investigates the main factors associated with brake system failures in trucks and evaluates field-based practices aimed at preventing such failures. Particular emphasis is placed on pneumatic brake systems, which are widely used in heavy commercial vehicles due to their reliability and operational efficiency. Commonly reported brake failure mechanisms in the literature include loss of air pressure, air leakage, brake lining wear, thermally induced performance degradation, overheating of brake drums and discs, contamination of friction surfaces, component fatigue, and inadequate maintenance practices. In addition, the effects of operational factors such as vehicle overloading, harsh operating conditions, prolonged brake application, and improper driving practices on brake system performance and reliability are examined. Brake system failures are frequently associated with insufficient maintenance activities, irregular inspections, delayed replacement of worn components, and inadequate monitoring of brake system performance. Furthermore, environmental conditions and operating environments can accelerate the wear of brake components, thereby adversely affecting overall system reliability. Within the scope of this study, preventive approaches reported in the literature were reviewed, and the roles of periodic maintenance practices, condition-based inspections, system monitoring activities, and root cause analysis methods in improving brake system reliability were evaluated. As a result, regular maintenance activities, systematic inspection processes, and effective monitoring of critical components are identified as key factors for enhancing brake system reliability in trucks. These practices are expected to contribute to improved vehicle safety, reduced unplanned downtime, and extended component service life.

Key Words: Trucks, Brake System Failures, Air Brake Systems, Vehicle Safety, Maintenance Management, Field Applications

Introduction

In road transportation, trucks are among the primary vehicles used for freight transport and play a critical role in the continuity of economic activities. Their high load-carrying capacities, use in long-distance operations, and operation under various road conditions make the reliability of braking systems a decisive factor in terms of safety. Brake system failures may lead to increased stopping distance, uneven distribution of braking force, difficulty in vehicle control, and severe traffic accidents. Therefore, investigating the factors associated with brake system failures in trucks is an important research area in terms of both vehicle safety and maintenance management.

Air brake systems, which are widely used in trucks and other heavy commercial vehicles, are preferred because they can provide high braking force, are suitable for multi-axle vehicles, and offer reliable operating characteristics. However, air brake systems consist of many subsystems, such as compressors, air dryers, valves, air lines, reservoirs, brake chambers, connection elements, and friction components. A failure in any of these components can adversely affect system performance. In particular, air leaks, pressure losses, brake adjustment problems, worn friction components, and inadequate maintenance activities are considered among the main factors that reduce the reliability of brake systems (Bagherpour et al., 2021; Ogden & Martonovich, 2018; Popa et al., 2021; Rajan et al., 2017).

In the literature, truck brake system failures are examined from different perspectives. Some studies focus on the effects of pressure loss and air leakage in air brake systems on braking performance, while others focus on the wear behavior of friction components such as brake linings, discs, and drums (Bagherpour et al., 2021; Rajan et al., 2017). On the other hand, prolonged brake use and high thermal loads are associated with failure mechanisms such as brake fade, overheating, thermal fatigue, and crack formation (Hasanlu et al., 2025; Le Gigan et al., 2015; Wang et al., 2016). In studies focusing on maintenance and service processes, irregular inspection intervals, delayed component replacement, and electronic control system faults are reported to affect vehicle safety and operating costs (Popa et al., 2021).

General Structure of Air Brake Systems in Trucks

The braking systems used in trucks are mostly based on pneumatic principles, unlike the hydraulic systems commonly used in passenger cars. In air brake systems, braking energy is provided by storing compressed air generated by the compressor in the system and transmitting it to the appropriate components during braking. In the system, the compressor, air dryer, pressure regulators, reservoirs, control valves, air lines, brake chambers, and friction elements operate together.

The main advantage of air brake systems is their ability to provide sufficient braking capacity in high-mass and multi-axle vehicles. In addition, the pressure level in the system can be monitored by the driver or electronic control systems and maintained within certain safety limits. However, system performance depends on maintaining air pressure and ensuring the correct operation of circuit elements. Problems such as air leaks, connection issues, valve failures, or insufficient pressure generation can directly affect braking capability (Bagherpour et al., 2021; Ogden & Martonovich, 2018).

The performance of air brake systems in commercial vehicles is directly affected by design parameters such as brake size, system air pressure, component compatibility, and brake adjustment. Since braking performance results from the interaction of multiple subsystems, it is necessary to adopt a holistic system approach in the design and development processes of brake systems. Therefore, in the evaluation of brake system failures in trucks, not only

component-level analyses but also system architecture and interactions between components should be considered (Ogden & Martonovich, 2018).

Figure 1 shows the basic air, control, and mechanical connection flow between the compressor, air dryer, air reservoir, brake pedal, brake valve, brake chamber, and brake mechanism in an air brake system. The diagram explains in a simplified manner the processes of compressed air generation, storage, transmission of the braking command, and mechanical generation of braking force.

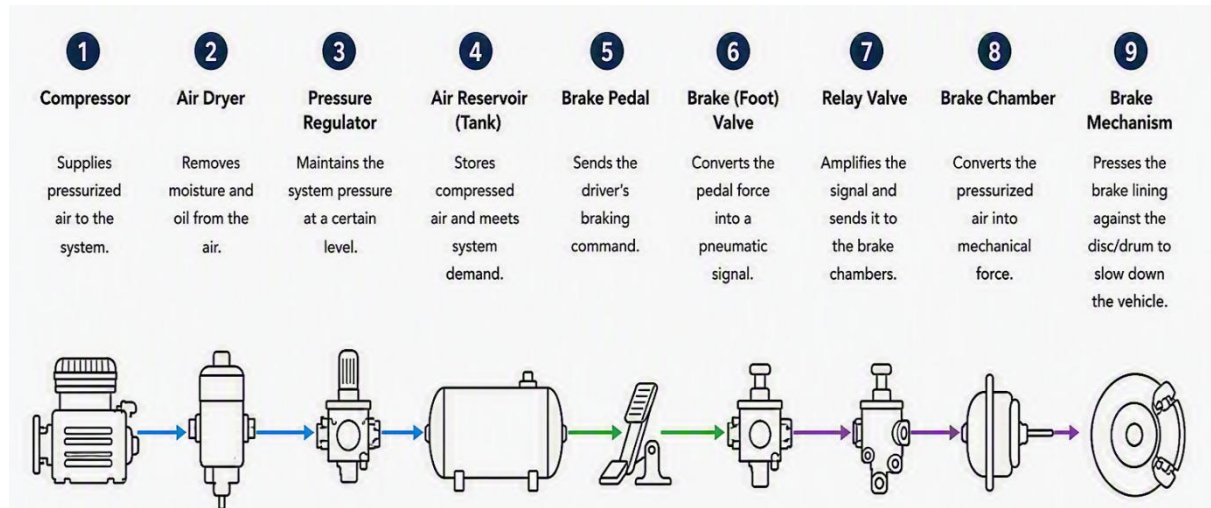


Figure 1: General structure of the brake system (prepared by the author)

Factors Associated with Brake System Failures

Brake system failures in trucks occur as a result of the combined effects of design parameters, operating characteristics of system components, maintenance activities, and the operating conditions to which vehicles are exposed. Identifying the main factors affecting brake system reliability is important both for improving the performance of existing vehicles and for guiding future design and development activities. In this context, the factors associated with brake system failures are evaluated under the headings of pneumatic system-related factors, wear and material fatigue, thermal effects and brake performance, maintenance-related factors, and operational and environmental factors.

Pneumatic System-Related Factors

In air brake systems, air pressure is the primary energy source required to generate braking force. Therefore, air leaks and pressure losses are among the most critical factors affecting braking performance and system reliability in trucks. Leaks occurring in air lines, connection points, valves, reservoirs, or brake chambers may cause a decrease in system pressure. If the pressure cannot be maintained at the desired level, braking force may decrease, response times may increase, and braking imbalance may occur.



Figure 2: Air leakage occurring in the brake cylinder (M. M. Sanchez, 2026)

Air leaks occurring in different pneumatic lines have effects on brake chamber and reservoir pressures. Although some low-level leaks may be compensated to a certain extent by the compressor, they may still create significant risks in terms of system performance and reliability. This situation highlights the importance of periodic air leakage checks and regular inspection of pneumatic lines (Bagherpour et al., 2021; Wang et al., 2012).



Figure 3: Worn and leaking pneumatic air line (M. M. Sanchez, 2026)

Pneumatic system-related problems are not limited to air leaks. Functional failures in valves, insufficient air dryer performance, moisture-induced corrosion, loosening of connection elements, and problems caused by line routing can also adversely affect system performance. These factors may affect the overall integrity and operating stability of the brake system, leading to reduced braking performance, changes in response time, and long-term reliability problems. Therefore, in the evaluation of pneumatic systems, it is important to adopt an

approach based on system integrity in addition to component-level analyses (Bagherpour et al., 2021; Wang et al., 2012; Yang et al., 2017).

Wear and Material Fatigue

In truck brake systems, friction components are exposed to high mechanical and thermal loads. Brake linings, discs, and drums operate under continuous contact and friction during the conversion of the vehicle's kinetic energy into heat energy during braking. In particular, brake linings are one of the key components that directly contribute to braking performance and wear over time depending on operating conditions. The friction coefficient, thermal resistance, and wear resistance of the lining material have a significant effect on braking efficiency and system reliability.

Brake lining wear does not depend solely on material properties. It is also affected by many factors such as vehicle type, load condition, road profile, driving characteristics, braking frequency, and environmental conditions. In addition, differences may occur between wear values obtained under laboratory conditions and performance observed under real operating conditions, which emphasizes the importance of evaluating field conditions. This situation reveals the necessity of considering real operating conditions in reliability assessments of brake components (Rajan et al., 2017).

The wear process progresses under the combined influence of many factors such as vehicle load, braking frequency, road gradient, temperature, maintenance condition, and driver behavior. Wear in brake linings may cause a decrease in friction performance, an increase in braking distance, and secondary damage on disc or drum surfaces. In addition, uneven wear may lead to vibration, noise, and braking instability, while also increasing maintenance and component replacement costs. Failure to replace worn components in a timely manner may create additional loads on other brake system elements and increase the likelihood of failure (Le Gigan et al., 2015; Rajan et al., 2017).



Figure 4: Severely worn brake linings (M. M. Sanchez, 2026)

Material fatigue is also an important factor in terms of the durability and reliability of brake system components. In particular, brake discs and drums are subjected to repeated thermal cycles and mechanical loads, which may lead over time to surface cracks, thermal stress

damage, plastic deformation, oxidation, and microstructural deterioration. Similarly, thermomechanical effects occurring in brake linings may change friction characteristics and cause performance losses. Therefore, regular monitoring of wear and fatigue processes is important not only for determining component life but also for maintaining brake system reliability and reducing safety risks (Hasanlu et al., 2025; Le Gigan et al., 2015).

Thermal Effects and Brake Performance

During braking, the kinetic energy of the vehicle is largely converted into heat energy. Since trucks are high-mass vehicles, significant temperature increases may occur in brake systems, especially under high load or operating conditions that require prolonged brake use. This situation may cause temporary losses in braking performance. Excessive temperature increases in brake components may reduce the friction coefficient and braking efficiency, thereby adversely affecting vehicle safety (Wang et al., 2016).

Continuous braking applications on long downhill roads in heavy-duty vehicles can cause significant increases in brake disc, drum, and lining temperatures. Therefore, in the evaluation of brake systems, not only mechanical strength properties but also thermal behavior should be considered. In particular, the effective use of auxiliary braking systems plays an important role in reducing the thermal loads to which brake components are exposed and in maintaining system reliability (Wang et al., 2016).

Thermal loads are not limited to short-term performance losses. They can also affect the long-term durability of brake system components. As a result of high temperatures and repeated temperature changes, thermal stresses may occur in brake discs and drums, leading to damage mechanisms such as surface cracks, plastic deformation, oxidation, and microstructural deterioration. In addition, high temperatures in brake linings may alter the structural properties of the friction material, increasing the wear rate and deteriorating braking characteristics (Hasanlu et al., 2025; Le Gigan et al., 2015).



Figure 5: Crack formed on a brake disc (Hasanlu et al., 2025)

Thermal effects should be considered not only as a result of brake system failures but also as an important factor that accelerates other failure mechanisms. High temperatures may cause changes in the friction coefficient, deterioration of lining surfaces, crack formation in discs and drums, acceleration of material fatigue, and increased wear rates. Therefore, regular monitoring of brake discs, drums, and brake linings, early detection of thermal damage indicators, and the implementation of maintenance strategies suitable for operating conditions are of great importance in maintaining brake system reliability (Hasanlu et al., 2025; Le Gigan et al., 2015; Wang et al., 2016).

Maintenance-Related Factors

Maintenance activities have a direct determining effect on the reliability and safe operation of truck brake systems. A significant portion of brake system failures is associated with inadequate inspection, delayed component replacement, lack of wear monitoring, and insufficient regular monitoring of system performance. Wear in brake system components, adjustment problems, air leaks, and electronic control system-related faults may lead to reduced braking performance, decreased vehicle availability, and increased maintenance costs (Popa et al., 2021; Rybicka et al., 2023).

To sustain brake system reliability, components must be regularly inspected and their performance monitored. In particular, brake linings, discs, drums, brake chambers, valves, and pneumatic lines should be periodically evaluated in terms of wear and performance loss. In addition, in electronically controlled brake systems, faults that may occur in sensors, electronic control units, and communication infrastructure should also be considered in maintenance processes. In this way, potential decreases in braking capacity, unplanned service downtime, and safety risks can be detected at an early stage (Popa et al., 2021).



Figure 6: Inspection of brake discs (ZF Aftermarket, 2026)

Maintenance-related factors are not limited to periodic service activities. Determining maintenance intervals according to vehicle operating conditions, regularly monitoring the condition of critical components, replacing worn parts in a timely manner, and continuously evaluating system performance are also among the basic elements of maintenance management. In trucks operating under heavy loads, difficult road conditions, or dense stop-and-go traffic, brake system components are subjected to higher loads, and standard maintenance intervals may not always be sufficient (Popa et al., 2021; Rajan et al., 2017).

In addition, within the scope of modern maintenance approaches, periodic maintenance activities are supported by condition-based maintenance methods. Through system monitoring applications, wear tracking, performance evaluations, and analysis of failure trends, potential problems can be identified before failures occur. This approach contributes to improving brake system reliability, enhancing vehicle safety, reducing maintenance costs, and minimizing unplanned downtime (Popa et al., 2021; Rybicka et al., 2023; Elvik et al., 2009).

Operational and Environmental Factors

Truck brake systems are exposed to different load profiles depending on operating conditions. Vehicle load, road gradient, traffic density, braking frequency, driving style, and environmental conditions can directly affect brake system performance. In particular, operation under high

load, prolonged brake use, difficult road conditions, and frequent stop-and-go operations may increase the mechanical and thermal loads on brake components and accelerate wear and performance losses (Rajan et al., 2017; Wang et al., 2016).

The service life and performance of brake system components depend not only on material properties but also on operating conditions. Changes in vehicle load, driving characteristics, road profile, and braking frequency may cause different wear behaviors on brake linings, discs, and drums. Similarly, continuous braking on long and sloped routes may cause temperature increases in brake components, increasing the risk of thermally induced performance losses and permanent damage (Rajan et al., 2017; Wang et al., 2016).

Environmental conditions are also among the important factors affecting brake system reliability. Dust, moisture, mud, temperature changes, and road surface conditions may cause contamination of friction surfaces, corrosion formation, increased wear rates, and reduced service life of pneumatic system components. In trucks operating under harsh climate and road conditions, brake system components are exposed to more severe operating conditions, which may increase maintenance requirements (Elvik et al., 2009; Rajan et al., 2017).



Figure 7: Severely worn brake disc (M. M. Sanchez, 2026)

For brake system reliability to be evaluated accurately, the vehicle's duty profile, operating intensity, and environmental conditions should be considered in addition to the technical components. Evaluating these factors together contributes to more accurate analysis of possible failure mechanisms, optimization of maintenance plans, and sustainable preservation of brake system performance (Elvik et al., 2009; Rajan et al., 2017; Wang et al., 2016).

Field Applications and Preventive Approaches

One of the most effective approaches to reducing brake system failures in trucks is the effective implementation of preventive maintenance practices and systematic inspection processes. Practices aimed at improving brake system reliability include periodic maintenance programs, air leakage checks, wear monitoring of brake components, system pressure monitoring, driver

awareness activities, and root cause analysis methods (Bagherpour et al., 2021; Popa et al., 2021).

Periodic maintenance programs ensure that brake system components are inspected and their performance is evaluated at certain intervals. In this context, air lines, connection elements, valves, brake chambers, brake discs, drums, and linings should be inspected regularly. In particular, early detection of air leaks contributes to preventing pneumatic system-related performance losses and reliability problems. Similarly, regular monitoring of system pressure and inspection of pressure lines are critical requirements for maintaining braking performance (Bagherpour et al., 2021).

Condition-based maintenance approaches aim to determine maintenance requirements according to the real operating conditions of vehicles. In trucks operating under heavy load, on difficult routes, or with high braking frequency, brake system components may be exposed to more intensive loads. Therefore, when establishing maintenance plans, not only mileage-based or time-based criteria but also usage profile and operating conditions should be considered. In particular, wear behaviors occurring on brake linings, discs, and drums may vary significantly depending on operating conditions (Rajan et al., 2017).

System monitoring activities also constitute an important part of preventive maintenance strategies. By evaluating air pressure data, information obtained from brake wear sensors, electronic control unit records, and service feedback together, potential failures can be detected at an earlier stage. Thus, it becomes possible to intervene before problems that may lead to performance losses grow further, supporting vehicle safety and operational continuity (Popa et al., 2021).

Root cause analysis methods allow recurring failures to be evaluated not only based on their visible symptoms but also by considering their underlying causes. For example, repeated brake lining wear may result from the combined effects of many factors such as vehicle load, driving conditions, brake adjustments, thermal loads, and maintenance practices. Therefore, examining failures with a holistic approach increases the effectiveness of corrective actions and reduces the likelihood of similar problems recurring. As a result, the combined use of preventive maintenance practices, system monitoring activities, and root cause analysis methods makes significant contributions to improving reliability and reducing failure risks in truck brake systems (Popa et al., 2021; Rybicka et al., 2023).

Discussion

The reviewed sources indicate that brake system failures in trucks have a multifactorial structure that cannot be reduced to a single component or a single failure mechanism. The most important point in this study is that the evaluation scope is structured around general cause groups without being narrowed excessively to specific examples. Therefore, brake system failures are addressed under the main headings of pneumatic system problems, wear and material fatigue, thermal effects, maintenance deficiencies, and operational and environmental conditions.

When evaluated in terms of failure prevalence, pneumatic system problems and maintenance-related deficiencies can be considered two major risk areas for truck brake system reliability. Air leaks, pressure losses, valve functional failures, and delays in pressure transmission can directly affect the generation of braking force and system response time. In particular, the fact that some low-level leaks can be compensated to a certain extent by the compressor makes it more difficult to detect such problems at an early stage. This makes regular inspection of pneumatic lines and pressure levels an important preventive activity (Bagherpour et al., 2021; Yang et al., 2017).

Wear-related problems also have an important place among brake system failures. Since brake linings, discs, and drums are exposed to continuous mechanical and thermal loads during braking, they may experience performance losses over time. The fact that brake lining life cannot be explained solely by material properties makes it necessary to consider operating conditions such as vehicle type, load condition, road profile, driving characteristics, and braking frequency (Rajan et al., 2017). Therefore, brake lining wear should be considered not only within the scope of periodic component replacement but also as a reliability parameter that should be evaluated together with the vehicle's duty profile and field conditions.

Thermal effects may cause both direct performance losses and the acceleration of other failure mechanisms. Long downhill driving, operation under high load, and continuous braking applications may lead to significant temperature increases in brake discs, drums, and linings. Increased temperatures may cause a decrease in the friction coefficient, reduced braking efficiency, crack formation in discs and drums, and acceleration of material fatigue (Wang et al., 2016; Le Gigan et al., 2015; Hasanlu et al., 2025). From this perspective, thermal effects should not be viewed only as temporary performance losses, but also as important failure-accelerating factors that affect the long-term durability of components.

Maintenance deficiencies play a decisive role in the occurrence of brake system failures or the worsening of existing technical problems. Inadequate inspection, delayed component replacement, lack of wear monitoring, neglect of air leakage checks, and insufficient evaluation of electronic control system fault records may lead to reduced braking capacity, unplanned service downtime, and increased maintenance costs (Popa et al., 2021; Rybicka et al., 2023). Therefore, maintenance activities should not be considered merely routine inspections carried out at certain mileage or time intervals, but rather a strategic process that directly affects system reliability.

Operational and environmental conditions stand out as external factors that change the occurrence intensity of brake system failures. Vehicle load, road gradient, traffic density, stop-and-go frequency, driving style, dust, moisture, temperature changes, and road surface conditions may increase the loads on brake components. This may cause different wear, heating, and maintenance requirement profiles in vehicles with the same brake system architecture under different field conditions (Rajan et al., 2017; Wang et al., 2016; Elvik et al., 2009).

These evaluations reveal the necessity of a system approach in the analysis of truck brake system failures. Examples such as long downhill driving, specific disc crack types, or a particular valve failure may be used as supporting examples. However, the main scope of the study should not be limited to these specific examples. In a broader framework, pneumatic system integrity, the durability of friction components, thermal management, maintenance management, and operating conditions should be evaluated together. This approach provides a stronger basis for improving reliability in existing vehicles and for more effective use of field feedback in design and development processes.

Conclusion

In this study, the factors associated with brake system failures in trucks were evaluated within the scope of pneumatic system problems, wear and material fatigue, thermal effects, maintenance-related factors, and operational and environmental conditions. The general findings can be summarized as follows:

1. Truck brake system failures have a multifactorial structure that cannot be explained by a single component.
2. In air brake systems, air leaks, pressure losses, valve problems, and delays in pressure transmission directly affect braking force and system response time.

3. Wear in friction components such as brake linings, discs, and drums may lead to reduced braking performance, increased maintenance costs, and secondary component damage.
4. Thermal effects are an important factor that negatively affects braking performance, especially under high load, prolonged brake use, and sloped road conditions.
5. Excessive temperatures may cause not only temporary performance loss but also long-term damage mechanisms such as crack formation in discs and drums, material fatigue, and deterioration of lining surfaces.
6. Maintenance deficiencies, lack of air leakage checks, delayed replacement of worn parts, and insufficient regular monitoring of system performance increase the risk of brake system failures.
7. Vehicle load, road profile, driving style, traffic density, and environmental conditions have a determining effect on the service life and reliability of brake system components.
8. Periodic maintenance practices, condition-based inspections, system monitoring activities, and root cause analysis methods should be applied together to improve brake system reliability.
9. Transferring feedback obtained from field data to design and development processes may make significant contributions to the durability, reliability, and safety performance of future brake systems.

As a result, in order to sustainably improve brake system reliability in trucks, a holistic approach should be adopted that considers not only component-level evaluations but also system-level assessment, maintenance-oriented practices, and operating conditions.

References

- Bagherpour, S., Rezaeian Akbarzadeh, M., & Mouloudi, S. (2021). Sensitivity analysis of heavy vehicle air brake system to air leakage. *SAE International Journal of Commercial Vehicles*, 14(1), 69–83. <https://doi.org/10.4271/02-14-01-0005>
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures* (2nd ed.). Emerald Group Publishing. <https://doi.org/10.1108/9781848552517>
- Hasanlu, M., Shirvani, F., & Mahdian, S. (2025). Experimental thermal fatigue crack on brake disc of heavy vehicle. *Material Science, Engineering and Applications*. <https://doi.org/10.21595/msea.2025.24729>
- Le Gigan, G., Vernersson, T., Lundén, R., & Skoglund, P. (2015). Disc brakes for heavy vehicles: An experimental study of temperatures and cracks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 229(6), 684–707. <https://doi.org/10.1177/0954407014550843>
- Ogden, J. S., & Martonovich, M. (2018). Forensic engineering analysis of commercial vehicle air brake systems performance. *Journal of the National Academy of Forensic Engineers*, 35(2). <https://doi.org/10.51501/jotnafe.v35i2.61>
- Popa, M. F., Capătă, D. M. S., & Burnete, N. (2021). Analysis of defects in the braking systems of commercial vehicles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1169(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1169/1/012010>
- Rajan, B. S., Sai Balaji, M. A., & Velmurugan, C. (2017). Correlation of field and experimental test data of wear in heavy commercial vehicle brake liners. *Friction*, 5(1), 56–65. <https://doi.org/10.1007/s40544-017-0138-x>

- Rybicka, I., Drożdziel, P., & Komsta, H. (2023). Assessment of the braking system damage in the public transport vehicles of a selected transport company. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 51(2), 172–179. <https://doi.org/10.3311/PPtr.16491>
- Wang, Z., Yu, Q., Han, F., & Shi, P. (2016). Research on a brake temperature model of heavy-duty trucks braking on long downhill. *Journal of Highway and Transportation Research and Development (English Edition)*, 10(3), 90–96. <https://doi.org/10.1061/JHTRCQ.0000524>
- Wang, Z. S., Li, G., Wu, Q., & Xu, J. (2012). Research on pressure characteristics of vehicle air braking system with leakage from pipeline. *Applied Mechanics and Materials*, 157–158, 608–611. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.157-158.608>
- Yang, F., Li, G., Hua, J., Li, X., & Kagawa, T. (2017). A new method for analysing the pressure response delay in a pneumatic brake system caused by the influence of transmission pipes. *Applied Sciences*, 7(9), 941. <https://doi.org/10.3390/app7090941>
- M. M. Sanchez, (2026), krafthand (www.krafthand.de)
- ZF Aftermarkt, (2026), aftermarket.zf (aftermarket.zf.com)

EXPOSURE TO FOREIGN EXCHANGE RISK AND THE IMPACT OF EXCHANGE RATE FLUCTUATIONS ON THE STABILITY OF THE ALBANIAN BANKING SYSTEM

Kristal Hykaj

Mediterranean University, Faculty of Economics, Department of Banking and Finance,
Tirana, Albania.

Ardita Hykaj

Mediterranean University, Faculty of Economics, Department of Banking and Finance,
Tirana, Albania.

ABSTRACT

The Albanian banking system is characterized by a high level of euroization, which makes it particularly sensitive to fluctuations in the EUR/ALL exchange rate. This paper analyzes the impact of foreign exchange exposure on the stability of the Albanian banking system, with a particular focus on the regulatory role of the Bank of Albania during the period 2018–2025.

Through a detailed research and empirical approach, this study aims to provide a framework for the dynamics of exchange rate fluctuations, the role and impact on the stability and sustainability of banks in the Albanian banking system. The methodology of this research includes qualitative and quantitative research methods. In addition to the scientific research part, data has been collected from official websites such as the Bank of Albania, the IMF and INSTAT in articles and publications and has been analyzed in graphs, tables and used as a reference for identifying challenges and opportunities to improve existing monetary policy practices.

Empirical findings show that the foreign exchange exposure of the banking system has a positive and statistically significant impact on the growth of NPLs in the long term. On the other hand, the EUR/ALL exchange rate and economic growth (GDP) exhibit a negative and significant relationship with non-performing loans, proving that the strengthening of the domestic currency and the growth of the gross domestic product serve as mitigating factors in the solvency of borrowers. The short-term dynamics, measured through the Error Correction Model (ECM), show a moderate speed of return to equilibrium after market shocks. Diagnostic tests confirm the structural stability and statistical validity of the selected model. In conclusion, the study suggests the need for careful monitoring of foreign exchange risks and further strengthening of macroprudential policies by the Bank of Albania. A major focus will also be to look at the impact of the Bank of Albania declarations that Albania will officially have the EURO currency in the upcoming year.

Keywords: Non-performing loans (NPLs), ARDL model, Exchange rate, Foreign exchange exposure, Albania.

Introduction

The Albanian banking system operates in an environment with a high degree of euroisation since a part of their liabilities and assets is in foreign currency. This balance sheet structure creates a source of financial risk that can affect the stability of this system since they are exposed to exchange rate changes. The inflow of remittances from emigrants, the high level of imports, foreign investments and tourism affect the growth of financial activity in foreign currency and as a result this is not a random phenomenon for the Albanian banking sector. According to data from the Bank of Albania, liabilities in foreign currency constitute 50% of the total while assets 52%, reflecting high levels of euroisation. During the period 2018-2025, the difference between the M3 and M2 aggregates reached values of over 700 billion ALL. This difference indicates the extent of deposits in foreign currency and has been on an increasing trend.

The Bank of Albania has its own policies to intervene within the framework of exchange rate management so that the volatility of the EUR/ALL and USD/ALL exchange rates is moderate. Changes in the exchange rate affect the balance sheet of banks by generating profit or loss from the exchange rate but on the other hand and an increase in bad debts for borrowers in foreign currency loans but income in lek. NOP net open foreign exchange position is also an instrument set by the Bank of Albania that has a regulatory limit to which commercial banks must adhere. This indicator has stood at the regulatory level of 20% of regulatory capital, and has even been at low levels reaching 5.5% in the first half of 2023. However, despite the establishment of protective measures, the sector's sensitivity to exchange rate fluctuations remains considerable.

This paper aims to comprehensively analyse the exposure of the Albanian banking system to foreign exchange risk and assess the impact of exchange rate fluctuations on its financial stability. The analysis period extends from 2018 to 2024, including significant shocks such as the COVID-19 pandemic and the post-pandemic global inflation period, which have tested the resilience of the system.

Method

This paper is built on the basis of a quantitative and qualitative methodology, with the aim of analysing the foreign exchange exposure and its impact on the stability of the Albanian banking system. The research methodology is organized into four main elements: data collection, descriptive analysis, and empirical analysis.

The data used in this paper are mainly primary and secondary, collected from official institutional sources. The main source of data is the Bank of Albania, from which the following are extracted:

- (i) monthly statistics of the banking system, including aggregate balance sheets of the sector;
- (ii) time series of the EUR/ALL and USD/ALL exchange rates for the period 2018–2024;
- (iii) Financial Stability Reports, which contain indicators of foreign exchange exposure, net open foreign exchange position and capital adequacy indicators; and
- (iv) periodically published financial stability indicators.

As additional sources, the International Monetary Fund (IMF) reports on the assessment of the Albanian financial sector, World Bank data and annual reports of individual commercial banks, which provide detailed information on foreign exchange exposure at the institution level, were used.

Literature Review

The exchange rate represents the price of a foreign currency expressed in terms of the domestic currency. According to Krugman, Obstfeld and Melitz (2021), it functions as a mechanism that connects national economies to each other, reflecting the relationship between the demand and supply for different currencies in international markets. More broadly, the exchange rate is also the price of a financial asset and is subject to the same principles that apply to the prices of other assets in the economy (Isard, 2007).

Historically, foreign exchange markets have ancient origins. Early references to exchange are found in documents from Mesopotamia, Egypt and ancient Greece. With the development of international trade, paper instruments (bills of exchange) and later bank transfers appeared, which significantly reduced the need for physical transportation of precious metals (Isard, 2007).

The literature identifies three main exchange rate systems (Krugman, Obstfeld & Melitz, 2021):

Floating exchange rate – is completely determined by market forces (demand and supply). It offers independence in monetary policy, but exposes the economy to large fluctuations and speculative attacks.

Fixed exchange rate – the currency is linked to another currency or a basket of currencies. The central bank actively intervenes to maintain the set level. This system offers predictability, but requires large foreign exchange reserves.

Managed exchange rate (managed float) – is a combination of the two above systems. The exchange rate is formed by the market, while the central bank intervenes when fluctuations become extreme.

In Albania, a managed floating exchange rate regime is implemented, where the Bank of Albania intervenes in a limited manner to avoid strong fluctuations of EUR/ALL and USD/ALL, without fixing the exchange rate level.

Exchange rate fluctuations are the result of the interaction of internal and external factors (Isard, 2007; Krugman et al., 2021):

Demand and supply for currency (imports, exports, remittances, foreign direct investment, tourism);

Inflation – high inflation weakens the domestic currency by reducing its purchasing power;

Interest rates – high rates attract foreign capital and strengthen the domestic currency;

The country's political and economic stability;

Trade balance and balance of payments;

Central bank interventions;

External factors such as oil prices, global crises, trade wars and market expectations.

The economic literature offers several theoretical approaches to explaining exchange rate movements (Mwange et al., 2022; Isard, 2007):

The Purchasing Power Parity (PPP) theory argues that the exchange rate adjusts according to inflation differentials between countries. It is useful for long-term analysis, but has limitations in imperfect markets and does not take into account capital flows.

The Interest Rate Parity Theory emphasizes that interest rate differentials cause capital flows that directly affect the exchange rate.

The Balance of Payments Theory explains that a surplus in the balance of payments strengthens the currency, while a deficit weakens it.

The monetary theory emphasizes the role of money supply and inflation in determining the exchange rate.

The expectations theory argues that market expectations about future exchange rate movements affect the current demand for the currency.

No single theory fully explains all exchange rate fluctuations; together they provide a complete framework for the analysis of currency dynamics (Mwange et al., 2022).

Currency risk is the possibility that exchange rate fluctuations will negatively affect the value of an economic entity's assets, liabilities, or earnings (Madura, 2020; Shapiro, 1996).

According to the standard classification of financial literature, currency exposure is divided into three main categories (Shapiro, 1996; Madura, 2020):

Transaction risk – arises from the change in the exchange rate between the moment a contract is concluded and the moment it is settled. It is particularly important for banks that provide loans in foreign currency, as the strengthening of the euro increases instalments for borrowers with income in ALL and increases the risk of non-performing loans.

Translation risk – arises when the financial statements of foreign subsidiaries are converted into the currency of the parent company.

Economic risk – affects the future value of the firm's cash flows as a result of long-term changes in exchange rates.

Studies on foreign currency lending in Central and Eastern European countries show that this type of lending significantly increases the vulnerability of borrowers and, consequently, the credit risk for banks, especially when borrowers do not have income in the same currency as the loans (Brown & De Haas, 2012).

In economies with a high degree of euroization, such as Albania, foreign exchange exposure becomes a systemic risk. Exchange rate fluctuations

Discussion

The findings of this study confirm that the Albanian banking system remains exposed to foreign exchange risk due to the high level of euroization. Foreign exchange exposure is found to have a positive and statistically significant impact on the growth of non-performing loans (NPLs) in the long run. This means that the higher the weight of assets and liabilities in foreign currency, the higher the vulnerability of the loan portfolio when the exchange rate fluctuates.

On the other hand, the EUR/ALL exchange rate and economic growth (GDP) show a negative relationship with NPLs. The strengthening of the ALL and the increase in gross domestic product ease the solvency of borrowers, reducing the pressure on the quality of the loan portfolio. These results are in line with the international literature on the risk of foreign currency lending in economies with high euroization.

The short-term dynamics, measured through the Error Correction Model (ECM), show that the banking system has a moderate speed of return to equilibrium aftershocks. This means that the negative effects of exchange rate fluctuations do not disappear immediately, but neither do they

last for very long periods. Diagnostic tests confirm the structural stability and statistical validity of the model used.

In the policy context, the results show that the regulatory measures of the Bank of Albania (such as limiting the net open foreign exchange position) have been useful in limiting direct exposure, but are not sufficient to completely neutralize the indirect risk arising from unprotected borrowers to exchange rate fluctuations. Therefore, continuous monitoring of foreign exchange exposure and further strengthening of macro prudential policies are needed, especially in terms of gradual de-euroization and protection of foreign exchange borrowers. Banks have management policies with rules, procedures and strategies that aim to minimize losses from exchange rate fluctuations. This risk arises when the bank has assets or liabilities in different currencies in its capital. The main goal of currency risk management is to protect the bank's capital and profits. Also, maintaining liquidity and financial stability is an important factor for banks. 'Financial institutions manage currency risk through a combination of restrictions on the open currency position, stress tests and additional capital requirements (Allen, 2013).' A widely used policy is the establishment of currency limits. They set different limits in currencies. Limits on open currency positions¹⁰ which relate to the difference between assets and liabilities in foreign currency. It calculates how much the possible open position is and sets a limit that the bank should not exceed in order to eliminate losses in the event of a currency depreciation. Another type of limit is by currency type. The bank studies the stability of currencies and sets different limits by type.

In conclusion, the study emphasizes that the stability of the Albanian banking system remains sensitive to exchange rate fluctuations, and that the management of this risk should remain a priority of monetary and regulatory policy.

Conclusion

This research paper undertook to empirically analyse the complex macroeconomic and financial dynamics that determine the level of non-performing loans (NPL) in the Albanian banking system, focusing on a challenging and structurally changed time window such as the period 2018–2025. Through the application of the econometric model of Autoregressive Distributed Lags (ARDL), the study managed to capture not only the long-term stable relationships, but also the short-term instantaneous movements, providing a clear overview of the factors that undermine or protect financial stability in the country. The results obtained from the empirical assessment confirm that credit risk in Albania is not an isolated banking phenomenon, but a direct reflection of macroeconomic circumstances, where the exchange rate, the euroization of the portfolio and the growth of the gross domestic product play key roles. The most important and innovative conclusion of this study is related to the mutual impact of foreign exchange exposure and the EUR/ALL exchange rate. The empirical findings confirmed the existence of a strong long-term relationship, where the high foreign exchange exposure of the banking system acts as a main driver of the growth of non-performing loans. However, this risk has been uniquely intertwined with the exchange rate performance over the past few years. Contrary to traditional theories that often link the depreciation of the local currency with increased risk, the case of Albania showed that the continuous strengthening of the ALL against the Euro has served as a mitigating mechanism for foreign exchange borrowers. The negative and significant coefficient of the exchange rate proves that the depreciation of the Euro has reduced the financial burden of debt for businesses and individuals that have their income in the local currency, partially amortizing the high risk stemming from pure foreign exchange exposure.

On the other hand, the performance of the real economy was confirmed as the main pillar of the stability of the credit portfolio. The negative and significant relationship between GDP

growth and NPLs testifies that economic expansion increases the payment capacities of economic agents, keeping the emergence of new bad loans under control. Interestingly, the short-term dynamics, measured through the error correction model (ECM), showed that the Albanian banking system possesses a self-correcting capacity of about 22% within a quarter after an unexpected macroeconomic shock. This flexibility, also supported by the CUSUM structural stability tests, shows that despite strong market fluctuations, financial structures remain resilient and the parameters found are stable for long-term forecasts.

The reason why we do not have a crisis in the banking system from these fluctuations is that the Bank of Albania has strict rules. For example, individuals who take out loans in Euro but have their income in ALL benefit from the depreciation of the Euro (the instalment costs them less in ALL). This positive effect on one group of clients has partially balanced the blow that exporters have taken.

The depreciation of currencies has had a negative impact by increasing credit risk for exporting sectors and distorting banks' balance sheets, but without (so far) undermining the financial stability of the system itself, which is protected by high profits and capital reserves.

Table 1: Model ARDL —Conditional Error Correction Regression

Case 2: Restricted Constant and No Trend | Sample: 2018Q1 2025Q4 | Included observations: 28

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistics	Prob.
C	6.350370	2.133213	2.976904	0.0155
NPL(-1)*	-0.220929	0.049352	-4.476553	0.0015
FX_EXP(-1)	0.243771	0.086742	2.810305	0.0204
EXCH(-1)	-0.147417	0.022749	-6.480270	0.0001
INT**	-0.763075	0.132948	-5.739639	0.0003
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistics	Prob.
GDP(-1)	-0.167571	0.026235	-6.387268	0.0001
D(NPL(-1))	-0.646327	0.085837	-7.529702	0.0000
D(NPL(-2))	-0.918422	0.111588	-8.230476	0.0000
D(NPL(-3))	-1.191192	0.114784	-10.37772	0.0000
D(FX_EXP)	0.403848	0.060063	6.723802	0.0001
D(FX_EXP(-1))	0.257046	0.092703	2.772790	0.0217

D(FX_EXP(-2))	0.151721	0.063663	2.383209	0.0410
D(EXCH)	-0.166200	0.038431	-4.324583	0.0019
D(EXCH(-1))	-0.194914	0.052200	-3.733987	0.0047

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Diagnostic tests for heteroscedasticity

Table 2: Tests for heteroscedasticity (Breusch-Pagan-Godfrey)^{vi}

Statistics	Value	Test	Probability
F-statistic	0.623701	Prob. F(18,9)	0.8118
Obs*R-squared	15.54118	Prob. Chi-Square(18)	0.6245
Statistics	Value	Test	Probability
Scaled explained SS	1.268224	Prob. Chi-Square(18)	1.0000

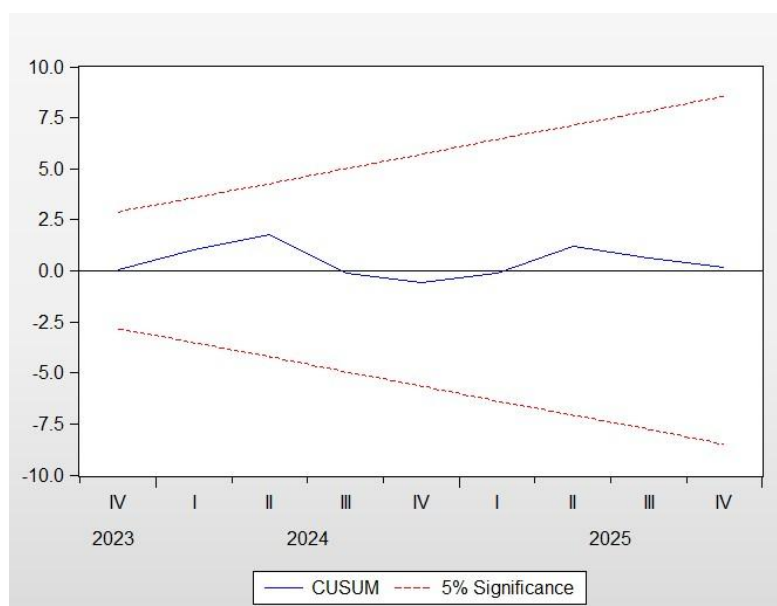
Source: Author's calculations in E Views 12.

2. STABILITY TEST: CUSUM CHART

To assess the long-term stability of the ARDL model coefficients and to check for the presence of structural breaks during the analyzed period, the CUSUM (Cumulative Sum of Recursive Residuals) test was used. As shown in the chart, the blue line of the cumulative residuals lies completely within the critical limits of 5% significance (indicated by the two dashed red lines). This result confirms the structural stability of the model parameters, proving that the econometric relationship found is stable and that the model is fully valid for interpretations of macroprudential policies or financial forecasts.

Graph 1: CUSUM chart for the period 2018-2025





Source: Author's calculations in E Views 12.

In summary, this study concludes that the de-euroization policies pursued by monetary authorities are fully justified, as foreign exchange exposure remains a long-term vulnerability. Although market success and the strengthening of the ALL have served as a temporary shield over the period 2019–2025, the dependence on the exchange rate requires continued macro prudential vigilance. The applied ARDL model successfully proves that maintaining NPL stability in Albania requires a careful balance between economic stimulus, strict control of foreign currency lending and continuous monitoring of interest rate risks.

References

- Brown, M., & De Haas, R. (2012). Foreign currency lending in emerging Europe: Bank-level evidence. *Economic Policy*.
- Isard, P. (2007). *Exchange rate economics*. Cambridge University Press.
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., & Melitz, M. J. (2021). *International economics: Theory and policy* (11th ed.). Pearson.
- Madura, J. (2020). *International financial management* (13th ed.). Cengage Learning.
- Mwange, A., Matoka, W., Kasabulula, A. C., Chaampita, M., & Marebesa, M. (2022). Theories of exchange rate determination: A brief theoretical review. *European Journal of Business and Management*, 14(20).
- Shapiro, A. C. (1996). *Multinational financial management*. Prentice Hall.
- Bank of Albania. (2013). Regulation No. 48, dated 31.07.2013 "On the classification of loans and the creation of provisions" (as amended). Tirana: Supervisory Council of the Bank of Albania.
- Bank of Albania. (2019). Deeuroization package. Bank of Albania.
- Bank of Albania. (2020). Decision No. 34, dated 20.05.2020 "On the approval of some changes

to the regulation on the classification of loans and the creation of provisions", aimed at the process of writing off

lost loans (Write-offs). Tirana: Bank of Albania.

Bank of Albania. (2026, February). Deeuroization report. Bank of Albania.

European Central Bank. (2023). Foreign exchange risk management in banking. ECB Reports.

International Monetary Fund. (2021). Exchange rate volatility and financial stability. IMF Publications.

Bank for International Settlements. (2022). Foreign exchange markets and derivatives. BIS Quarterly Review.

Manege, A., Matoka, W., Kasabulula, A. C., Chaampita, M., & Marebesa, M. (2022). Theories of exchange rate determination: A brief theoretical review. *European Journal of Business and Management*, 14(20).

Nota, F. (2022). Asymmetry of monetary policy transmission in a partially euroised economy: The case of Albania. *Scientific Journal of the Faculty of Economics, UT*, 14(2), 45-5

AEROGELS AS MULTIFUNCTIONAL NANOPOROUS MATERIALS FOR THERMAL INSULATION AND DRUG DELIVERY

Zeynep ÜLKER DEMİR

Assistant Professor, Gebze Technical University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Kocaeli, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-2211-6963

ABSTRACT

The term aerogel is used to define nanomaterials having a three-dimensional porous network in which the pore volume is mostly filled with air. Their most distinctive properties are their extremely low densities, high surface areas, and remarkably low thermal conductivities, all of which are mostly attributed to their highly porous structures. Since their creation in 1931 by Samuel Kistler, they have been investigated for a wide range of applications. They are generally prepared using sol-gel method involving precursor mixing followed by hydrolysis, condensation and then gelation and aging and finally drying by an appropriate method. Supercritical drying is the most effective drying method as it preserves the delicate porous structure which in turn maximizes the performance related properties. The role of aerogels for energy related applications increases considerably. Beyond their use as catalyst supports or electrode materials in supercapacitors, they are increasingly investigated as advanced thermal insulation materials for buildings, aerospace industries or protective clothing. Their nanoporous structure is characterized mainly by micro and mesopores effectively suppress heat transfer mechanisms leading to an outstanding thermal insulation performance. Aerogels have also emerged as promising materials in biomedical applications especially for drug delivery. For the delivery of drugs, different types of aerogels are used, but mostly organic ones along with layered and composites. Their high porosity and large surface not only increase the bioavailability of low solubility drugs but also increase the loading capacity of the systems. Moreover, their tunable pore structure enables controlled and sustained drug release making them attractive platforms for advanced pharmaceutical formulations.

Keywords: Aerogels, Nanomaterials, Thermal Insulation, Drug delivery

AN EVALUATION OF A GROUP OF BYZANTINE-PERIOD SEALS FROM THE SELÇUK UNIVERSITY MUSEUM

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ MÜZESİ'NDE BULUNAN BİR GRUP BİZANS DÖNEMİ MÜHRÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şeyma Nur ÇÖLBAY

Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi Bölümü, Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7420-1518>

ÖZET

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonunda yer alan Bizans Dönemi'ne ait taş ve bronz mühürler incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı, Bizans Dönemi mühürleri içerisinde daha sınırlı biçimde ele alınan taş ve bronz örneklerin özelliklerini ortaya koymak ve bu eser grubuna ilişkin mevcut çalışmalara katkı sağlamaktır. Bu doğrultuda müze koleksiyonunda bulunan mühürlerin form, malzeme, ölçü, bezeme ve üzerlerinde yer alan yazı unsurları incelenerek genel özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında toplam on iki mühür ele alınmış; bunların on birinin bronz, birinin ise taş malzemeden üretildiği belirlenmiştir. Eserler üzerinde geometrik bezemeler, harf ve harf grupları, figürlü tasvirler ve haç motifleri gibi farklı unsurların kullanıldığı görülmüştür. Özellikle kuş figürlü, ayak biçimli ve haç motifli ekmek mühürleri, koleksiyonun biçim ve bezeme açısından dikkat çekici örnekleri arasında yer almaktadır. Eserlerin farklı form ve bezeme özellikleri göstermesi, koleksiyonun kendi içerisinde çeşitlilik taşıdığını da ortaya koymaktadır. Müze kayıtlarına göre eserler, Aydın Dikmen ve Konstanta Dikmen tarafından 23.10.2019 tarihinde bağış yoluyla Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonuna kazandırılmıştır. Daha önce yayımlanmamış olan bu eserlerin değerlendirilmesi, Bizans Dönemi taş ve bronz mühürlerine ilişkin sınırlı sayıdaki örneklerin daha görünür hâle getirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca çalışma, söz konusu eserlerin farklı koleksiyonlarda yer alan benzer örneklerle karşılaştırılmasına imkân sağlayabilecek veriler sunması ve ileride yapılacak sigillografik araştırmalara kaynak oluşturması bakımından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bizans, Doğu Roma, mühür, sigillografi, Selçuk Üniversitesi Müzesi, bronz mühür.

ABSTRACT

This study examines Byzantine stone and bronze seals preserved in the collection of the Selçuk University Museum. The primary aim of the research is to identify the characteristics of stone and bronze seals, which have received relatively limited scholarly attention within Byzantine sigillographic studies, and to contribute to the existing literature on this group of artifacts. To this end, the seals were examined in terms of their form, material, dimensions, decorative features, and inscriptions, and their general characteristics were evaluated. A total of twelve seals were analyzed, of which eleven are made of bronze and one of stone. The examined artifacts display a variety of decorative elements, including geometric motifs, letters and letter groups, figurative depictions, and cross motifs. Bird-shaped, foot-shaped, and cross-decorated bread stamps are among the most remarkable examples in the collection in terms of both form and ornamentation. The diversity of forms and decorative features demonstrates the richness of

the collection. According to museum records, the artifacts were donated to the Selçuk University Museum by Aydın Dikmen and Konstanta Dikmen on 23 October 2019. The evaluation of these previously unpublished artifacts contributes to increasing the visibility of the limited number of known Byzantine stone and bronze seals. Furthermore, the study provides comparative data for similar examples in other collections and is expected to serve as a reference for future research in Byzantine sigillography.

Keywords: Byzantine, Eastern Roman Empire, seal, sigillography, Selçuk University Museum, bronze seal.

GİRİŞ

Çalışmanın konusunu Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonunda bulunan Bizans Dönemi'ne ait taş ve bronz mühürler oluşturmaktadır. Mühürler, geçmişten günümüze belge güvenliğinin sağlanması, mülkiyetin belirtilmesi ve çeşitli idarî işlemlerin kayıt altına alınması gibi amaçlarla kullanılmış, aynı zamanda ait oldukları toplumların idarî, ekonomik ve kültürel yapıları hakkında bilgi veren önemli taşınabilir kültür varlıkları arasında yer almıştır (Erkanal, 1997). Bizans Dönemi'nde mühür kullanımı devlet yönetimi ve günlük yaşam içerisinde önemli bir yer tutmuş, bu durum mühürleri tarihî ve sanatsal açıdan değerli arkeolojik buluntular hâline getirmiştir (Bulgurlu, 2007).

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Müzesi envanterinde kayıtlı taş ve bronz mühürlerin incelenmesi, katalog hâlinde tanıtılması ve genel özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda eserlerin form, ölçü, malzeme ve bezeme özellikleri ele alınarak koleksiyonun genel karakteri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın materyalini Selçuk Üniversitesi Müzesi'nde muhafaza edilen Bizans Dönemi'ne ait taş ve bronz mühürler oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında eserler yerinde incelenmiş, ölçümleri alınmış, fotoğrafları çekilmiş ve müze envanter kayıtlarından yararlanılmıştır. Ayrıca araştırma sürecinde Selçuk Üniversitesi Müzesi Müdürü Ahmet Pamukçu ile görüşülerek eserler ve koleksiyon hakkında ek bilgiler edinilmiştir. Araştırmada kataloglama yöntemi benimsenmiş; eserler envanter bilgileri, form özellikleri, bezeme unsurları ve korunma durumları dikkate alınarak sistematik biçimde değerlendirilmiştir. Böylece daha önce ayrıntılı biçimde yayımlanmamış olan bu eser grubunun kayıt altına alınması ve Bizans mühür sanatına ilişkin verilere katkı sağlaması hedeflenmiştir.

BİZANS MÜHÜRLERİNİN KULLANIMI VE İŞLEVLERİ

Mühür, tarih boyunca mülkiyetin, yetkinin ve resmiyetin göstergesi olarak kullanılan önemli araçlardan biridir. Bunun yanında bazı toplumlarda koruyucu ve tılsımlı özellikler taşıdığına da inanılmıştır (Köseler, 2019, s. 14). Mühür kullanımının kökeni yazının icadıyla birlikte Mezopotamya'ya kadar uzanmakta olup Sümerlerde "kişib", Akadlarda ise "kunnukku" olarak adlandırılmıştır (Erkanal, 1997, s. 1314).

Mühürleri inceleyen bilim dalı sigillografi olarak adlandırılmaktadır. Latince "sigillum" kelimesinden türeyen bu terim, mühürlerin incelenmesi, okunması ve tarihlendirilmesiyle ilgilenmektedir (Bulgurlu, 2007, s. 3; Nesbitt, 2008, s. 150).

Bizans İmparatorluğu'nda mühürler devlet teşkilatının önemli bir parçası hâline gelmiştir. Resmî yazışmaların güvenliğinin sağlanması, belgelerin doğrulanması, gönderilen malların kontrolü ve mülkiyetin belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılmıştır. Ayrıca din adamları tarafından kutsal emanetlerin korunmasında ve bazı özel yazışmaların gizliliğinin

sağlanmasında da mühürlerden yararlanılmıştır (Bulgurlu, 2007, s. 2). Bizans mühürlerinde zaman içerisinde farklı bezeme anlayışları görülmektedir. VI. ve VII. yüzyıllarda kuş, kartal ve grifon gibi figürlü tasvirler yayginken İkonoklazma Dönemi'nde bu figürlerin yerini monogramlar ve yazılar almıştır (Hür, 1994, s. 16). Daha sonraki dönemlerde ise figürlü tasvirler yeniden kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum mühürlerin yalnızca idarî araçlar değil, aynı zamanda dönemin dinî ve kültürel anlayışını yansıtan eserler olduğunu göstermektedir.

ESERLERİN İKONOĞRAFİK VE PALEOĞRAFİK DEĞERLENDİRİLMESİ

İkonografik Değerlendirme

Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonunda yer alan mühürler ikonografik açıdan değerlendirildiğinde, geometrik bezemeler, figürlü tasvirler ve dinî sembollerin ön plana çıktığı görülmektedir. Bizans mühürlerinde kullanılan figür ve semboller yalnızca süsleme amacı taşımamakta, aynı zamanda mühür sahibinin inancı, kimliği ve toplumsal konumu hakkında da bilgi vermektedir (Hür, 1994, s. 16; Bulgurlu, 2007, s. 21-25).

Katalogda yer alan eserlerin önemli bir bölümünü geometrik bezemeli mühürler oluşturmaktadır. Kat. No. 1'de görülen spiral bezemeler, Kat. No. 2'deki almaşık daire ve çentik kompozisyonları, Kat. No. 4'teki kafes süslemeleri, Kat. No. 5'te yer alan rozet bezemesi, Kat. No. 6'daki dağınık yuvarlaklardan oluşan düzenleme ve Kat. No. 8'deki kıvrık geometrik motifler, Bizans mühürlerinde görülen bezeme çeşitliliğini yansıtmaktadır. Bulgurlu'ya göre mühürlerde bitkisel ve geometrik düzenlemelerden oluşan kompozisyonlar, rozetler ve sembolik bezemeler yaygın olarak kullanılmaktadır (Bulgurlu, 2007, s. 23).

Figürlü örnekler arasında yer alan Kat. No. 7'deki kuş tasviri ile Kat. No. 10'daki ayak biçimli mühür koleksiyonun dikkat çekici eserleri arasındadır. Bizans mühürlerinde kuş, kartal, güvercin ve tavus kuşu gibi hayvan figürleri belirli sembolik anlamlar taşımakta olup özellikle ruh, koruma, güç ve kutsallık kavramlarıyla ilişkilendirilmektedir (Bulgurlu, 2007, s. 25). Ayak biçimli mühürler ise Anadolu mühür geleneğinde uzun süre kullanılan tipler arasında yer almakta ve ticari faaliyetlerle ilişkilendirilmektedir (Efe, 2003, s. 125).

Koleksiyonda bulunan Kat. No. 11 ve Kat. No. 12 numaralı ekmek mühürlerinde görülen haç motifleri ise eserlerin dinî işlevleriyle bağlantılı olduğunu göstermektedir. Hristiyanlığın temel sembollerinden biri olan haç, Bizans sanatında ve mühürlerinde en yaygın kullanılan tasvirlerden biridir. Haçın kötülüklerden koruduğuna ve kutsayıcı bir anlam taşıdığına inanılmış, bu nedenle farklı tiplerde mühürler üzerinde sıklıkla kullanılmıştır (Bulgurlu, 2007, s. 21).

Genel olarak değerlendirildiğinde koleksiyondaki mühürler, Bizans döneminde mühür kullanımının yalnızca idarî alanla sınırlı olmadığını; günlük yaşam, ticaret ve dinî uygulamalar gibi farklı alanlarda da yer aldığını göstermektedir.

Paleografik Değerlendirme

Koleksiyonda yer alan bazı mühürler üzerinde harf ve harf gruplarının bulunduğu görülmektedir. Bizans mühürlerinde yazılar genellikle mühür sahibinin adı, görevi, unvanı veya bunların kısaltmalarını içermektedir. Mühürlerde kullanılan dil çoğunlukla Grekçe olmakla birlikte farklı dönemlerde Latince, Ermenice ve Arapça örneklerle de rastlanabilmektedir (Bulgurlu, 2007, s. 24). Kat. No. 7'de yer alan kuş formlu mühür üzerinde "KW", Kat. No. 9'da bulunan çift hilal formlu mühür üzerinde "SK WX", Kat. No. 10'da bulunan ayak formlu mühür üzerinde ise "V Γ I Δ" harfleri görülmektedir. Ayrıca Kat. No. 3'te çeşitli harf ve işaret izleri bulunmakla birlikte aşınma nedeniyle kesin olarak okunamamaktadır. Bu harflerin mevcut

çalışma kapsamında ayrıntılı paleografik çözümlemesi yapılamamış olsa da mühürlerin belirli kişi, grup veya kullanım alanlarıyla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Bizans mühürlerinde yazılar yalnızca kimlik belirtmek amacıyla kullanılmamış, aynı zamanda mühür sahibinin statüsünü ve görevini de yansıtmıştır. Özellikle erken dönem mühürlerde kısa yazılar ve monogramlar tercih edilirken sonraki dönemlerde daha uzun unvan dizileri görülmeye başlanmıştır (Bulgurlu, 2007, s. 25-29). İkonoklazma döneminde figürlü tasvirlerin yerini çoğu zaman yazı ve monogramların aldığı bilinmektedir (Nesbitt, 2008, s. 152). Koleksiyondaki yazılı örnekler, mühürlerin yalnızca bezeme amacı taşımadığını, aynı zamanda aidiyet ve kimlik belirleme işlevine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak harflerin kesin okunabilmesi ve tarihlendirmeye katkı sağlayabilecek ayrıntılı sonuçlara ulaşılabilmesi için karşılaştırmalı sigillografik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Müzesi'nde bulunan Bizans Dönemi'ne ait taş ve bronz mühürler incelenmiş ve katalog hâlinde tanıtılmıştır. İncelenen eserler arasında bronz mühürlerin çoğunlukta olduğu görülmektedir. Mühürler form, bezeme ve yazı özellikleri bakımından değerlendirildiğinde koleksiyonun farklı niteliklere sahip örneklerden oluştuğu anlaşılmaktadır.

Eserler üzerinde geometrik bezemeler, çeşitli figürler, harfler ve haç motifleri tespit edilmiştir. Özellikle kuş figürlü, ayak biçimli ve haç motifli mühürler koleksiyonun dikkat çekici örnekleri arasında yer almaktadır. Bu çeşitlilik, mühürlerin yalnızca tek bir amaçla kullanılmadığını, farklı kullanım alanlarına sahip olduğunu göstermektedir.

Koleksiyondaki bazı mühürlerde harf ve harf grupları bulunmasına rağmen mevcut çalışma kapsamında bunların ayrıntılı okuma ve değerlendirmesi yapılamamıştır. Bununla birlikte söz konusu yazılar, eserlerin belirli kişi veya gruplarla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Müze kayıtlarına göre eserler 23.10.2019 tarihinde bağış yoluyla Selçuk Üniversitesi Müzesi koleksiyonuna kazandırılmıştır. Ancak mühürlerin buluntu yerlerine ilişkin herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Ayrıca eserlerin daha önce yayımlanmamış olması, bu çalışmayı önemli kılmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma ile Selçuk Üniversitesi Müzesi'nde bulunan Bizans Dönemi taş ve bronz mühürleri kayıt altına alınmış ve bilim dünyasına tanıtılmıştır. İleride yapılacak daha ayrıntılı araştırmaların eserlerin tarihlendirilmesi, yazılarının okunması ve kullanım amaçlarının belirlenmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2.1.

KATALOG

Kat. No: 1



Şekil 1. Kat. No. 1'e ait mühür.

Envanter No: 518/A

Malzeme:Bronz

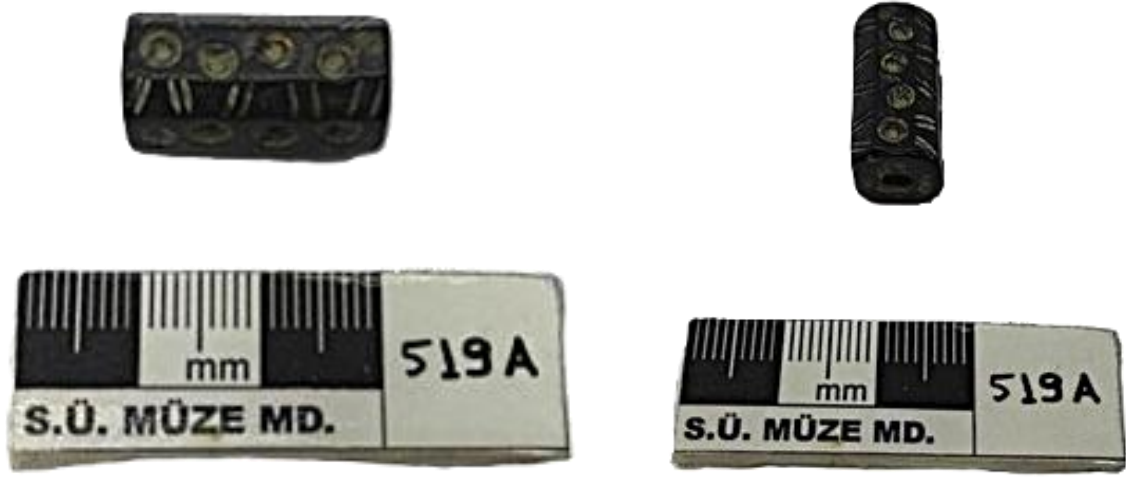
Ölçüler: 3,64 × 1,59 cm (Müze envanteri: 3,3 × 1,3 cm)

Ağırlık:20 g

Dönemi:Bizans (Doğu Roma)

Tanım:Gövde kısmı silindir formulu, üst kısmında geçme halkası vardır. Mühür kısmında kazıma olarak yapılmış spiraller bulunmaktadır.

Kat. No: 2



Şekil 2. Kat. No. 2'e ait mühür.

Envanter No:519/A

Malzeme:Taş

Ölçüler:2,94 × 1,36 cm (Müze envanteri: 2,2 × 1,1 cm)

Ağırlık:14 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Gövde kısmı bozuk sekizgen formludur. Ortasında yatay geçme deliği vardır. Mühür kısmında her bir yüzde almasıık olarak yapılmış dörder daire ve çentikler bulunmaktadır.

Kat. No: 3



Şekil 3. Kat. No. 3'e ait mühür.

Envanter No:520/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:2,32 × 1,54 cm (Müze envanteri: 2 × 1,8 cm)

Ağırlık:21 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Gövde kısmı bozuk sekizgen formludur. Bir yüzünde üçlü geçme halkası vardır. Mühür kısmının her bir yüzünde silik harf ve işaretler bulunmaktadır.

Kat. No: 4



Şekil 4. Kat. No. 4'e ait mühür.

Envanter No:522/A

Malzeme:Bronz

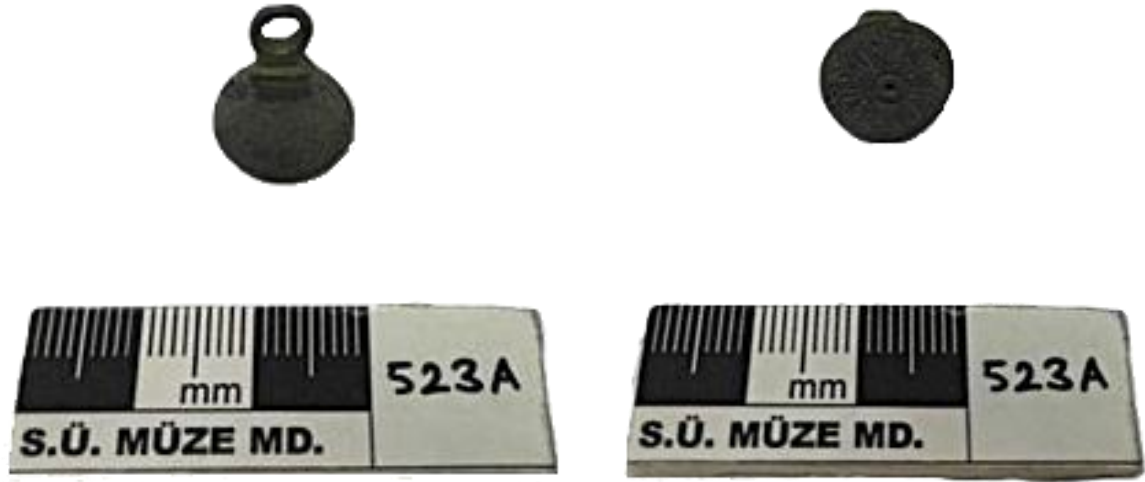
Ölçüler:3,53 × 2,02 cm (Müze envanteri: U: 3,2 cm, Mühür: 1,7 cm)

Ağırlık: 14 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Uzun saplı, konik gövdelidir. Yuvarlak olan mühür yüzünde kazıma olarak yapılmış kafes süsü vardır. Sap kısmının ucunda geçme deliği bulunmaktadır.

Kat. No: 5



Şekil 5. Kat. No. 5'e ait mühür.

Envanter No:523/A

Malzeme:Bronz

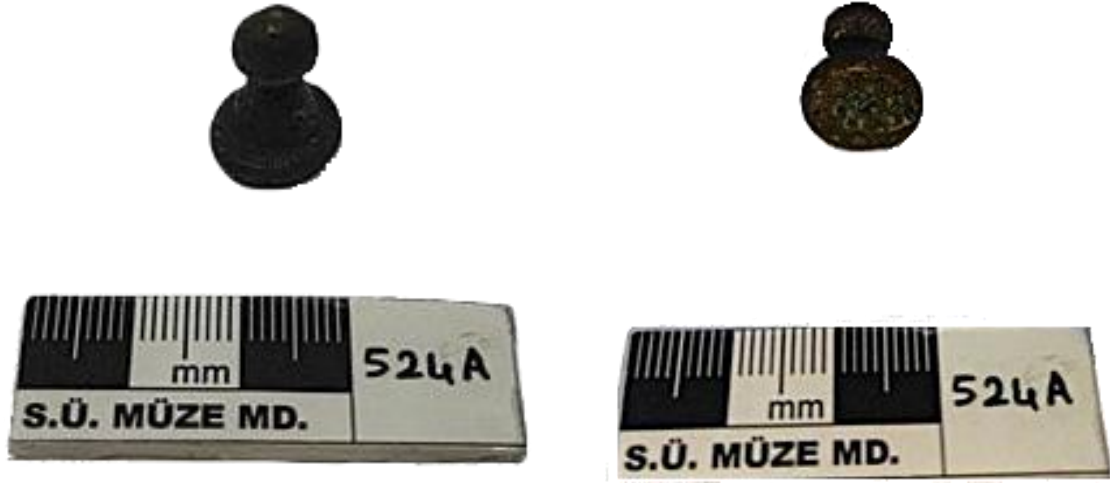
Ölçüler:2,18 × 1,77 cm (Müze envanteri: U: 1,9 cm, Mühür: 1,5 cm)

Ağırlık: 8 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Kısa saplı, konik gövdelidir. Yuvarlak olan mühür yüzünde kazıma olarak yapılmış rozet süsü vardır. Sap kısmının ucunda geçme deliği bulunmaktadır.

Kat. No: 6



Şekil 6. Kat. No. 6'e ait mühür.

Envanter No:524/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:2,29 × 1,63 cm (Müze envanteri: U: 1,9 cm, Mühür: 1,4 cm)

Ağırlık: 7 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Kısa saplı, konik gövdelidir. Yuvarlak olan mühür yüzünde kazıma olarak yapılmış dağınık yuvarlaklar ya da bitkisel bezeme vardır. Sap kısmının ucunda topuz ve geçme deliği bulunmaktadır.

Kat. No: 7



Şekil 7. Kat. No. 7'e ait mühür.

Envanter No:526/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:4,56 × 3,43 cm (Müze envanteri: U: 4,7 × 4,5 cm, Y: 1,5 cm)

Ağırlık: 23 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Kuş şeklinde gövde, geçme halka delikli tutamaçtan oluşmaktadır. Kuş şeklinde olan mühür yüzünde K ve W harfleri vardır.

Kat. No: 8



Şekil 8. Kat. No. 8'e ait mühür.

Envanter No:528/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:2,93 × 1,81 cm (Müze envanteri: 2,6 × 1,9 cm, K: 1,7 cm)

Ağırlık: 10 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Hilal şeklinde gövde, geçme halka delikli tutamaçtan oluşmaktadır. Hilal şeklindeki mühür yüzünde kıvrık geometrik bezekler vardır.

Kat. No: 9



Şekil 9. Kat. No. 9'e ait mühür.

Envanter No:529/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:4,92 × 2,77 cm (Müze envanteri: 4,8 × 2,7 cm, K: 1,2 cm)

Ağırlık: 24 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Sırt sırta çiftli hilal şeklinde gövde, geçme halka delikli tutamaçtan oluşmaktadır. Mühür yüzünün bir yarısında SK, diğer yarısında WX harfleri vardır.

Kat. No: 10



Şekil 10. Kat. No. 10'e ait mühür.

Envanter No:530/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:5,6 × 1,87 cm (Müze envanteri: 5,4 × 2 cm, K: 2,1 cm)

Ağırlık: 47 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Ayak şeklinde gövde, geçme halka delikli tutamaçtan oluşmaktadır. Mühür yüzünde V Γ I Δ harfleri vardır.

Kat. No: 11



Şekil 11. Kat. No. 11'e ait mühür.

Envanter No:532/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:4,18 × 4,18 cm (Müze envanteri: Ç: 5,3 cm, K: 2 cm)

Ağırlık: 45 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Rozet şeklinde yapılmış, iç kısmında haç motifi bulunan ekmek mührüdür. Arkada tutamak kısmı vardır.

Kat. No: 12



Şekil 12. Kat. No. 12'e ait mühür.

Envanter No:533/A

Malzeme:Bronz

Ölçüler:4,13 × 4,13 cm (Müze envanteri: Ç: 3,8 cm, K: 1,4 cm)

Ağırlık: 21 g

Dönemi: Bizans (Doğu Roma)

Tanım: Rozet şeklinde yapılmış, iç kısmında haç motifi bulunan ekmek mührüdür. Arkada tutamak kısmı vardır.

KAYNAKÇA

- Bulgurlu, V. (2007). *Bizans kurşun mühürleri ışığında 11. yüzyılda yönetim*. Osmanlı Bankası Arşiv ve Araştırma Merkezi.
- Bulgurlu, V. (2007). *İstanbul Arkeoloji Müzelerindeki Bizans kurşun mühürleri*. Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- Cheyne, J.-C. (2011). Bizans mühürleri bir toplumun görüntüleri. *Bizans: Yapılar, meydanlar, yaşamlar* içinde. Kitap Yayınevi.
- Collon, D. (1987). *First impressions: Cylinder seals in the ancient Near East*. British Museum Publications.
- Collon, D. (1990). *Interpreting the past: Near Eastern seals*. University of California Press.
- Darga, M. (1992). *Hitit sanatı*. Akbank Kültür ve Sanat Yayınları.
- Efe, T. (2003). Külliüba. *Arkeo Atlas*, (2).
- Emre, K. (1971). *Anadolu kurşun figürinleri ve taş kalıpları*. Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Erkanal, A. (1997). Mühür. *Eczacıbaşı sanat ansiklopedisi* içinde (Cilt 2). Yapı-Endüstri Merkezi (YEM) Yayınları.
- Hür, A. (1994). Mühürçülük – Bizans dönemi. *Dünden bugüne İstanbul ansiklopedisi* içinde (Cilt 6). Kültür Bakanlığı ve Tarih Vakfı Ortak Yayını.
- Kazhdan, A. P. (Yön.). (1991). *The Oxford dictionary of Byzantium* (Cilt 3). Oxford University Press.
- Köseler, M. (2019). *Mülkiyet işareti olarak Osmanlı mühürleri ve exlibris ilişkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Akdeniz Üniversitesi.
- Nesbitt, J. (2008). Sigillography. *The Oxford handbook of Byzantine studies* içinde. Oxford University Press.
- Pittman, H. (2003). Son Kalkolitik Çağ mühürleri. *Arkeo Atlas*, (2).
- Taş, N. F. ve Bozkurt, N. (2006). Mühür. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm ansiklopedisi* içinde (Cilt 31). Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Yağcı, R. (1996). *Anadolu müzesi koleksiyonundaki Geç Assur-Yeni Babil Akamenid damga mühürleri* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

A RHETORICAL ANALYSIS OF THE STYLE OF EMPHASİS (TAWKİD) IN THE DIALOGUES BETWEEN MOSES AND PHARAOH IN SŪRAT AL-A‘RĀF

A‘RĀF SURESİ’NDE HZ. MUSA-FİRAVUN DİYALOGLARINDA TEKİT ÜSLUBUNUN BELĀGAT AÇISINDAN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Gör. Mehmet Sıddık YEGÜL

Çukurova Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi

ABSTRACT

The Qur’an was revealed by God for the guidance and salvation of humanity, in accordance with the grammatical rules of the Arabic language and in an eloquent style. Various aspects of the Qur’an, such as rhetoric (balāgha) and eloquence (faṣāḥa), have consistently been the subject of scholarly research. Within this context, one of the topics that has attracted academic attention is that of emphasis (tawkīd). Although the subject of tawkīd has been examined from various perspectives in the existing literature, no study has been found that addresses it within the context of the dialogue between Moses and Pharaoh in Sūrat al-A‘rāf. This study focuses on the story of Moses and Pharaoh—one of the most frequently repeated narratives in the Qur’an—specifically within Sūrat al-A‘rāf, and aims to examine, from a rhetorical perspective, the styles of emphasis employed in the dialogues between the Prophet and Pharaoh that occur in this sūrah. To this end, the verses in which the dialogues of the narrative appear have been analyzed using a descriptive-analytical method. The study first addresses the place and types of tawkīd within the science of rhetoric, and then identifies and analyzes the relevant verses in Sūrat al-A‘rāf. This narrative, which spans verses 103 to 137 of Sūrat al-A‘rāf, encompasses numerous elements, including Moses’ proclamation of his prophetic mission, his disputations with Pharaoh and his court, the various miracles he performed, and the conversion of the magicians to faith. The findings of the research reveal that various devices of emphasis are employed in the verses containing this narrative, and that the use of these emphatic devices is not arbitrary but is deliberately chosen in accordance with the circumstances and the addressees, for a particular purpose. Accordingly, it has been concluded that the emphatic elements present in Moses’ discourse serve a persuasive function, whereas the emphatic elements present in Pharaoh’s discourse are employed largely for the purposes of derision and the assertion of dominance.

Keywords: Arabic Language and Rhetoric, the Qur’an, Sūrat al-A‘rāf, Moses, Pharaoh.

Özet

Kur’an-ı Kerim, Allah tarafından insanlığın hidayeti ve kurtuluşu için, Arap dili gramer kurallarına uygun ve belîğ bir üslup ile gönderilmiştir. Kur’an’ın belâgat ve fesahat gibi çeşitli yönleri her zaman ilmî araştırmalara konu olmuştur. Bu bağlamda, akademik açıdan dikkat çeken konulardan biri de tekit konusudur. Mevcut literatürde tekit konusu farklı yönleriyle incelenmiş olmakla birlikte, A‘râf Suresi’nde yer alan Hz. Musa ile Firavun arasındaki diyalog bağlamında ele alındığına rastlanmamıştır. Bu çalışma, en çok tekrar edilen Kur’an kıssalarından olan Hz. Musa ve Firavun kıssasını, A‘râf Suresi özelinde ele almakta ve surede geçen peygamber-Firavun diyaloglarındaki tekit üsluplarını belâgat açısından incelemeyi amaçlamaktadır. Bu noktada, kıssadaki diyalogların geçtiği ayetler betimsel-analitik bir metodla ele alınmıştır.

Çalışmada öncelikle tekit kavramının belâgat ilmindeki yeri ve çeşitleri ele alınmış, ardından A'râf Suresi'ndeki ilgili ayetler tespit edilerek analiz edilmiştir. A'râf Suresi'nin 103 ve 137 arası ayetlerinde geçen bu kıssanın, Hz. Musa'nın peygamberlik görevini tebliğini, Firavun ve yardımcılarını ile girdiği münazaraları, çeşitli mucizeler göstermesini ve büyücülerin imanı gibi birçok hususu ihtiva etmektedir. Araştırma sonuçları, ilgili kıssanın geçtiği ayetlerde çeşitli tekit araçlarının kullanıldığını ve bu tekit kullanımlarının rastgele olmayıp durum ve muhataplar dikkate alınarak bir amaç doğrultusunda tercih edildiğini ortaya koymuştur. Buna göre Hz. Musa'nın söylemlerinde geçen tekit unsurlarının ikna etme işlevine yönelik olduğu, Firavun'un söylemlerinde geçen tekitlerin ise daha çok tahkir ve tahakküm kurma amacı güttüğü sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arap Dili ve Belagati, Kur'an, A'râf Suresi, Hz. Musa, Firavun.

GİRİŞ

Kur'an-ı Kerim, Arap dilinin edebî ve belâgat inceliklerini ihtiva eden ilahî bir kitaptır. Arap edebiyatının zirvede olduğu bir dönemde nazil olmaya başlayan Kur'an'ın üslubu, muhatapları üzerinde etki bırakmış ve onları düşünmeye sevk etmiştir. Kur'an'ın bu etkileyici üslubunu anlamak için belâgat ilminin inceliklerine vakıf olmak ve belâgat kavramları ile onu tahlil etmek son derece önemlidir.

Tekit lafzı sözlükte, bir şeyi sağlamlaştırmak, kuvvetlendirmek ve pekiştirmek anlamlarına gelmektedir. Râgıb el-İsfahânî, *el-Müfredât fî garîbi'l-Kur'ân* adlı eserinde وَكْد (tekrit), sağım sırasında ineği bağlamak için kullanılan ipe ise aynı kökten gelen وَكَادُ (vekâd) adının verildiğinden bahseder.(el-İsfahânî, 1412, s. 882) İbn Düreyd (ö. 321/933) *el-Cemhere*'de وَكْد maddesini sağlamlaştırmak ve tahkim etmek anlamı çerçevesinde açıklar.(İbn Düreyd, 1987, c.2, s. 280) Böylelikle وَكْد maddesi çerçevesinde kullanılan anlamların sağlamlık, yerleşme/pekiştirme ve kuvvetlendirme olduğu söylenebilir.(Ebü'l-Fütûh, 1995, s. 14) Belâgat ilminin önemli kavramlarından biri olarak tekit kavramı “kelime veya cümleyi lafız yahut anlam bakımından pekiştiren telaffuza yönelik öğeler” anlamına gelmektedir.(Durmuş, 2011, c.40, s. 365)

Kur'an kıssalarında verilmek istenen mesaj veya mesajların somut olaylar ve diyaloglar üzerinden aktarılması, bu kıssaları üslup analizleri bakımından dikkat çekici hale getirmektedir. Kur'an'da geçen kıssalar içerisinde Hz. Musa ve Firavun kıssası, hem çokça tekrar edilmesi bakımından hem de kapsamlı diyalogları barındırması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma söz konusu kıssayı A'râf Suresi özelinde ele alarak, surede geçen diyaloglarda kullanılan tekit üslubunu belâgat ilmi açısından incelemeyi amaçlamaktadır.

TEKİT VE BELÂGATTEKİ YERİ

Tekit lafzının sözlükte “sağlamlaştırmak ve pekiştirmek” gibi anlamlara geldiği ifade edilmişti. Belâgatın alt disiplinleri olan meânî, beyân ve bedî' ilimlerinin önemli birer konusu olarak ele alınan tekit, yerine göre bir sözün inkâr edilmesini önlemek, bir söylemin gerçek anlamından alınıp mecazi anlama yorumlanmasını engellemek, muhatapı uyarmak, muhatapın şüphesini gidermek ve söylenen ifadenin zihne yerleşmesini ve anlaşılır olmasını sağlamak gibi bir takım amaçlara matuf olarak kullanılır. Temelde tekrar olgusuna dayalı bir ifade biçimi olmasından ve tekrarın da bir kusur olduğu varsayımından hareketle Kur'an'da tekit unsurlarının bulunmadığını söyleyenler olmuştur. Bu görüşe karşılık Kur'an'ın Arapça olarak nazil olduğu,

Arap dilinde tekit üslubunun yaygın biçimde kullanıldığı ve tekidin fesahat ile belâgatın bir unsuru kabul edildiği belirtilmiştir. (Zerkeşî, 1957, c.2, s. 384)

Beyân ilmi konularından olan teşbîh, mecaz, istiare ve kinaye gibi sanatların kullanım maksatları incelendiğinde, anlamın somutlaştırılıp örnekler üzerinden aktarıldığı sonucu ortaya çıkacak ve bu yolla aslında tekitli anlatımın amaçlandığı görülecektir. (Durmuş, 2011, c.40, s. 365-368) İbn Cinnî (ö. 392/1002), üç gayeden biri sebebiyle bir lafzın hakiki anlamından mecaza geçilebileceğini, aksi durumda ise kesin olarak kullanılan lafzın gerçek anlamının esas alınması gerektiğini söyler. Bu üç gayeden birisini ise ifadeyi pekiştirmek anlamına gelen tekit olarak açıklar. (İbn Cinnî, 1952, c.2, s. 444)

Bedî' ilmi sanatlarının büyük bir kısmında bir düşüncenin vurgulu ve pekiştirilmeli bir tarzda sunulması amaçlanır. Özellikle “te’kîdû’l-medh bimâ yüşbihü’z-zem” ile “te’kîdû’z-zem bimâ yüşbihü’l-medh” sanatlarında amaçlanan pekiştirme olgusu sanat türünün adına yansımakta ve bu sanatlarda asıl amaç medih veya zemmi pekiştirerek aktarmaktır. (Durmuş, 2011, c.40, ss. 365-368)

2.2. Arap Dilinde Tekit Araçları

Arap dilinde cümle olgusu, sözün münâsebetlerini ve mütekellim ile muhatap arasındaki alakayı (ilişkiyi) kapsamasından kaynaklı olarak nahvciler gibi belâgat âlimlerinin de ilgisini çekmiştir. Tekit üslubu da kelâm türleri arasında önemli bir yer tutan konulardandır. Belâgat âlimleri, tekit üslubu konusunu ele alıp tekit üslbu ve tekit yolları gibi hususları derinlemesine ele almışlardır. Bu bağlamda aşağıda çeşitli tekit yolları verilmiştir.

- Arap dilinde inne ve kardeşleri diye bilinen ve isim cümlesinin başına gelerek haberin anlamını pekiştiren tekit edatları ile lâmü’l-ibtidâ (لام الابتداء) ve nûn-u tekit (نون التوكيد) pekiştirme edatları olarak zikredilebilir.
- Cümleyi oluşturan öğelerin yerlerinin değiştirilmesi olarak bilinen takdim-tehir sanatı da yine tekit araçlarındandır. Kasem çeşitleri de yine tekit araçları arasında zikredilir. (Ebü’l-Fütûh, 1995, s. 15)
- Meânî kavramlarından olup “söylem içerisinde bir lafzın veya lafızlar kümesinin diğerlerine özel şekilde tahsis edilmesi” anlamına gelen hasr veya diğer adıyla kasr sanatı da bir tekit aracı olarak kabul edilir.
- Ziyâüddîn İbnü’l-Esîr (ö. 637/1239) meânî kavramlarından olan ıtınâbı mübalağa bildiren tekit aracı olarak sayar. (İbnü’l-Esîr, t.y., c.2, s. 284) Belâgat âlimleri, bir tür tekrar olan ıtınâb sanatını bir tekit türü sayarlar. Burada, tekrarların tekit sayılıp sayılmamasında temel husus tekrarın lafız ve manada birlikte meydana çıkmasıdır. (Ebü’l-Fütûh, 1995, s. 260)
- Önde gelen Arap belâgat âlimlerinden Hatîb el-Kazvînî (ö. 739/1338), “bir cümlemin arkasından onu pekiştiren ve anlamını içeren bir başka cümlemin getirilmesi” anlamına gelen tezyîl sanatında asıl amacın tekit olduğunu belirtmiştir. (Kazvînî, 1949, c.3, s. 205) Böylece tezyîl sanatı da tekit araçları arasında gösterilebilir.
- Araplar bir şeyden sadece haber vermek istediklerinde fiil cümlesini kullanırlar. Verilen haberi pekiştirmek istediklerinde ise isim cümlesine başvururlar. (Zerkeşî, 1957, c.2, s. 391) Bu durumda isim cümlesi de tekit araçlarındandır.
- Belâgat âlimleri istisnâ üslubunu da bir tür tekit sayarlar. Bu tür ifadelerdeki tekit, lafzın mücmel ve mufassal olarak iki defa tekrar edilmesi ile ortaya çıkar. (Ebü’l-Fütûh, 1995, s. 265)

Genel bir ilke olduğunu söylemek mümkün olmakla birlikte tekit konusu özelinde belâgat âlimlerinin nahvciler gibi lafza yoğunlaşmak yerine, lafızlarda saklı manaları inceleyip bu manaların muhatapta bıraktığı etkiyi dikkate aldıkları söylenebilir. (Ebü’l-Fütûh, 1995, s. 268)

Yukarıda verilen tekit araçları, Hz. Musa ve Firavun arasındaki diyaloglarda geçip geçmediği çalışmada kontrol edilmiş ve tespit edilen tekit araçları belâgat ilmi açısından incelenmiştir.

2.3. A'râf Suresi'nde Hz. Musa ve Firavun Kıssası

Mekke döneminde nazil olan sûrelerin en uzununu olma özelliği taşıyan A'râf sûresinde Mekki sûrelerin karakteristik özelliklerinden olan iman ve itikad konuları ön plana çıkar. Sûre, Hz. Musa kıssasında olduğu gibi geçmiş kavimlerin yaşamlarından örnekler içerir. Bu sayede peygamberlerin verdiği mücadeleler vahyin muhataplarının dikkatine sunulur, inanmayanlar çeşitli suretlerde uyarılırken, inananlara sabır tavsiye edilir. Hz. Musa ve Firavun kıssası, Hz. Musa'nın Firavun'un şerrinden korunması adına Allah tarafından Firavun'un sarayında büyütülmesi ile başlar. Daha Hz. Musa'ya peygamberlik verildiğini, bu görevle birlikte Firavun'a gönderildiğini ve Allah tarafından gösterdiği mucizelerle sihirbazları yendiğinden bahsediliyor. Sûrede Firavun'un iman etmemesi, kibir ve saltanata olan düşkünlüğü ile açıklanıyor. Kıssa, Firavun'un iman etmeden son bulan hayatını ve Hz. Musa'nın ona karşı aldığı galibiyeti aktararak son buluyor. A'râf sûresinde geçen Hz. Musa ve Firavun kıssası 103-137. âyetler arasını kapsamaktadır. Bu bölümde geçen başlıca olayları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür:

- Hz. Musa'nın Firavun ve ileri gelenlerine peygamber olarak gönderilmesi ve bunun üzerine Hz. Musa'nın Firavun'a gidip peygamberliğini tebliğ etmesi. (103-105. âyetler)
- Firavun'un Hz. Musa'dan mucize sunmasını istemesi ve bunun üzerine asanın yılan dönüşmesi, elini bembeyaz çıkarması gibi bazı mucizeler göstermesi. Firavun'un görüğü mucizeleri sihir diye nitelemesi. (106-108. âyetler)
- Firavun'un Hz. Musa'yı yenmek adına sihirbazları toplaması ve sihirbazların Hz. Musa'nın mucizesi karşısında iman etmeleri. (109-123. âyetler)
- Firavun'un büyücülerini tehdit etmesi. (123-124. âyetler)
- Firavun'un kavminden ileri gelenlerin Hz. Musa ve kavminin peşine düşmesini ve cezalandırılmalarını söylemesi. (127. âyet)
- Hz. Musa'nın kavmine Allah'tan duada bulunup sabır göstermelerini telkin etmesi ve gelecek bir zaferi müjdelemesi. (128-129. âyetler)
- Firavun ve kavminin çeşitli belalar ile cezalandırılması ve nihayetinde helak edilmesi (130-137. âyetler)

Bu çalışma, özellikle Hz. Musa ve Firavun'un doğrudan diyaloglarını içeren 103-137. âyetlerini tekit üslubu açısından analiz edecektir.

A'RÂF SURESİ ÖZELİNDE TEKİT ÜSLUBUNUN ANALİZİ

Hz. Musa'nın Söylemlerinde Tekit

Hz. Musa'nın, Firavun'a hitaben kullandığı ifadelerde sık sık tekit unurlarının geçtiği görülür. Bu hususlar aşağıda ayet sırasına göre ele alınacaktır:

وَقَالَ مُوسَىٰ يَا فِرْعَوْنُ إِنِّي رَسُولٌ مِّن رَّبِّ الْعَالَمِينَ

"Mûsâ dedi ki: "Ey Firavun! Ben âlemlerin rabbi tarafından gönderilmiş bir elçiyim." (Kur'an, 7:104)

Bu âyetle **إِن** edatı kullanılarak risalet görevinin kesinliği vurgulanmaktadır. Hz. Musa peygamber olduğunu ve muhatabının tereddüde düşmemesi için söylemini tekit araçlarından

biriyile vurgulamıştır. Beyzâvî (ö. 685/1286), إِنَّ edatının kullanılmasının, haberin pekiştirilmesi ve gerçekleşmesini kesinleştirme gibi önemli iki faydasının olduğunu söyler. (Beyzâvî, 1418, c.1, s. 41)

حَقِيقٌ عَلَى أَنْ لَا أَقُولَ عَلَى اللَّهِ إِلَّا الْحَقُّ قَدْ جِئْتُكُمْ بِبَيِّنَةٍ مِنْ رَبِّكُمْ فَأَرْسِلْ مَعِيَ بَنِي إِسْرَءِيلَ

“Allah hakkında gerçek olandan başkasını söylememek benim üzerime borçtur. Size rabbinizden açık bir delil getirdim. Artık İsrâiloğulları’nı benimle birlikte serbest bırak.” (Kur’an, 7:105)

Ayette nefiyden sonra isbât getirmek suretiyle belâgat ilmi sanatlarından hasr ortaya çıkmıştır. Hasr sanatına başvurulması suretiyle tekit üslubu meydana gelmiştir. Burada لَا edatıyla ifadenin yalnızca “hakk” ile sınırlandırılması, Hz. Musa’nın sözünün doğruluğunu pekiştiren önemli bir tekit aracıdır. (Dervîş, 1994, c.3, s. 419)

Ayetin devamında gelen قَدْ جِئْتُكُمْ بِبَيِّنَةٍ مِنْ رَبِّكُمْ (Size Rabbinizden açık bir delil getirdim) ifadesinde de belâgat ilmi açısından tekit vardır. Nitekim mazi fiilin başına gelen قَدْ edatı tahkik ifade etmekle birlikte belâgat ilminde tekit araçları arasında zikredilir. (Dervîş, 1994, c.3, s. 419) Ayrıca cümlede yer alan جِئْتُكُمْ (size getirdim) fiilindeki muhatap zamiri ile بَيِّنَةٍ (açık bir delil) kelimesinin nekre seçilerek tazim ifade etmesi, tekit manasını pekiştiren diğer belâgat unsurlarıdır. Meani ilminde muktezâ-i zâhirin aksine, muhatabın inkâr veya tereddüt durumuna göre tekit araçlarının sayısı ve çeşidi değişiklik gösterir. (Durmuş, 2011, c.40, ss. 365-368; Tantâvî, 1997, c.5, s. 345)

Firavun ve Kavminden İleri Gelenlerin Söylemlerinde Tekit

Firavun’un söylemlerinde geçen tekit unsurlarının daha çok muhatabını tahkir ve tehdit amacıyla kullanıldığı söylenebilir. Belâgat açısından tekit kapsamında değerlendirilebilen unsurlar şu şekildedir:

قَالَ الْمَلَأُ مِنْ قَوْمِ فِرْعَوْنَ إِنَّ هَذَا لَسَاحِرٌ عَلِيمٌ

“Firavun’un kavminden ileri gelenler dediler ki: “Bu gerçekten çok bilgili bir sihirbazdır.” (Kur’an, 7:109)

Ayette Firavun’un sözü olarak aktarılan هَذَا لَسَاحِرٌ عَلِيمٌ sözü, birçok tekit unsurunu barındırmaktadır. Nitekim cümlede إِنَّ tekit edatı ile başlaması, yine tekit ifade eden isim cümlesinin tercih edilmesi ve lâm-ı müzehlekânın (ل) yer alması ile üç ayrı tekit aracı bir cümlede zikredilmiştir. İnkâriyye cümlesi olarak zikredilen bu ifadede bu kadar tekit aracının bir arada verilmesi mübalağa ifadesi içindir. (Uremmî, 2001, c.10, s. 79) Zira Hz. Musa’nın getirdiği mucizeler karşısında büyük bir korku ve şaşkınlık yaşayan Firavun’u sakinleştirmek amacıyla çevresinde bulunan ileri gelenler, muktezâ-i zâhirin ötesinde vurgulu bir ifade tonu seçmişlerdir. Meânî ilminde muhatabın inkâr derecesine göre tekit araçlarının sayısının ve şiddetinin terih edilmesi esastır. Burada Firavun’un ileri gelenleri halkın Hz. Musa’ya inanmalarını önlemek amacıyla tekit unsurlarını kullanmak suretiyle mübalağaya başvurmuşlardır.

وَجَاءَ السَّحَرَةُ فِرْعَوْنَ قَالُوا إِنَّ لَنَا لَأَجْرًا إِن كُنَّا نَحْنُ الْغَالِبِينَ

“Sihirbazlar Firavun’a geldiler; “Eğer üstün gelen biz olursak bize muhakkak bir ödül olmalıdır” dediler.” (Kur’an, 7:113)

Yukarıdaki ayette geçen tekit unsurlarının aynısı burada da kullanılmıştır. Tekit ifade eden isim cümlesi, إِنَّ tekit edatı ile başlamış ve ismin başına lâm-ı ibtida getirilerek üç ayrı tekit aracı bir cümlede zikredilmiştir.

قَالَ نَعَمْ وَإِنَّكُمْ لَمِنَ الْمُقَرَّبِينَ

O da “Tamam; ayrıca sizler mutlaka yakınlarımdan olacaksınız” dedi. (Kur’an, 7:114)

Yukarıdaki ayetin devamında Firavun’un sihirbazlara cevap olarak söylediği bu sözlerde de soruda geçen tekit araçları aynı şekil ve miktarda tekrar edilmiştir. Burada da isim cümlesi, إِنَّ tekit edatı ve lâm-ı müzehlekâ şeklinde üç tekit unsuru zikredilmiştir. Firavun bu şekilde bir karşılık ile sihirbazların şüphelerini gidermek istemiştir. (Zuhaylî, 2009, c.9, s. 27; Uremmî, 2001, c.10, s. 79)

قَالُوا يَا مُوسَىٰ إِنَّمَا أَنْتَ مُتْلِيٌّ وَإِنَّمَا أَنْتَ نَكُونُ نَحْنُ الْمُتْلِينَ

Sihirbazlar dediler ki: “Ey Mûsâ! Sen mi atacaksın (asâni), yoksa (ilk) atan biz mi olalım?” (Kur’an, 7:115)

Burada نَكُونُ fiilinden hemen sonra نَحْنُ zamiri getirilerek müstetir muttasıl zamir, munfasıl zamir ile tekit edilmiştir. Muttasıl zaminin, munfasıl zamirle pekiştirilmesi, sihirbazların üstün gelme hususundaki kararlılıklarını ve Hz. Musa’yı ciddiye almadıklarını ifade ettiği söylenmiştir. (Uremmî, 2001, c.10, s. 79) Zira bu tür bir ifade, ancak iddiasında kendine güvenen ve bu konuda yetkin olduğuna inanan kimselerden sadır olur. Sihirbazlar bu teklifleriyle Hz. Musa’ya dolaylı olarak, “Önce ya da sonra başlaman bizim açımızdan hiçbir fark oluşturmaz.” mesajını vermek istemişlerdir. (Zuhaylî, 2009, c.9, s. 39) Arap dili morfolojisinde zâten نَكُونُ fiilinin tahtında نَحْنُ zamiri müstetir olarak mevcutken, bunun lafzen de zikredilmesi tekit amacına binaendir. Sihirbazların, mütekellim zaminini bu şekilde pekiştirmeleri, sadece psikolojik bir öz güveni değil, aynı zamanda Firavun’un vaat ettiği ödül ve yakınlık beklentisinin yarattığı motivasyonu da lafza yansıtmaktadır.

قَالُوا آمَنَّا بِرَبِّ الْعَالَمِينَ رَبِّ مُوسَىٰ وَهَارُونَ

“Âlemlerin rabbine, Mûsâ ve Hârûn’un rabbine iman ettik” dediler. (Kur’an, 7:121)

Arap dilinde bedele bir kapalılığın giderilmesi amacıyla başvurulur ve bedel ile söyleme beyân ve tekit anlamı katılır. (Zerkeşî, 1957, c.2, s. 453) Buna göre ayette geçen رَبِّ مُوسَىٰ “Musa’nın rabbi” ifadesi, رَبِّ الْعَالَمِينَ “âlemlerin rabbine” ifadesinden bedeldir ve bu tekit, cümleye anlamı açıklamak ve pekiştirmek gibi faydalar katmaktadır. Nitekim ayette ilk olarak sihirbazlar, “âlemlerin rabbine iman ettik” demişlerdir. Firavun da ilahlık iddiasında bulunduğu için ayette geçen “âlemlerin rabbi” ifadesinde kapalılık mevcuttur. Hemen ardından zikredilen “Musa ve Harun’un rabbine” sözünün bedel veya atfı beyân yapılması ile bu kapalılık giderilmiş ve anlam pekiştirilmiştir. (Beyzâvî, 1418, c.3, s. 28) Bedelin tekit ifade etmesi cümledeki amilin mükerrerliğinin kastedilmesinden dolayıdır. Birinci isim (mübdelün minh), bir hazırlık olsun diye ve ikisinin toplamıyla tek başına ifade edilemeyecek bir pekiştirme ve açıklama fazileti sağlansın diye zikredilir. (Zerkeşî, 1957, c.2, s. 454) Batalyevsî (ö. 521/1127), bedelin tekit ifade edişini şu sözler ile açıklar: “Bedelin tamamı, mübdelün minhde ortaya çıkan karmaşıklığı gidermek amacıyla getirilmez. Aksine bedelden öyle kısımlar vardır ki, kendinden önceki kelime buna ihtiyaç duymasa bile sırf pekiştirme (te’kîd) amacıyla istenir.” (Batalyevsî, 1428, s. 219)

قَالَ فِرْعَوْنُ أَمَنْتُمْ بِهِ قَبْلَ أَنْ آذَنَ لَكُمْ إِنَّ هَذَا لَمَكْرٌ مَكْرُتُمْ فِي الْمَدِينَةِ لِتُخْرِجُوا مِنْهَا أَهْلَهَا فَسَوْفَ تَعْلَمُونَ * لَأَقْطِعَنَّ أَيِّدَكُمْ وَأَرْجُلَكُمْ مِنْ خَلْفٍ ثُمَّ لَأَضِلَّيَنَّكُمْ أَجْمَعِينَ

“Firavun dedi ki: “Ben size izin vermeden ona iman ettiniz öyle mi? Şüphe yok ki bu, halkını şehirden çıkarmak için orada kurduğunuz bir tuzaktır. Ama yakında göreceksiniz! Mutlaka ellerinizi ve ayaklarınızı çaprazlama keseceğim, sonra da hepinizi asacağım!” (Kur’an, 7:123-124)

Bu ayet, Firavun’un, sihirbazların iman etmelerinin Hz. Musa ile önceden aralarında kurulmuş bir anlaşmaya dayandığını onlara kesin bir dille kabul ettirmek amacıyla söylediği cümle-i müste’nefedir. Bu iddiasını onlara kabul ettirmek adına, tehdide yönelmiştir. Tehdit cümlesinde, إِنَّ tekit edatı ile yine bir tekit unsuru olan isim cümlesi tercih edilmiş ve

pekiştirilen ifade bir başka tekit aracı olan lâm-ı müzehlekâ ile daha da mübalağalı hale getirilmiştir. فَسَوْفَ تَعْلَمُونَ “*Ama yakında göreceksiniz!*” ifadesinde fiilin başındaki سوف edatı, gelecek zaman ifade etmekle birlikte bir tekit unsurudur. (İbn Âdil, 1419, c.9, s. 268; Durmuş, 2011, c.40, ss. 365-368) لَا قُطْعَنُ أَيْدِيكُمْ وَأَرْجُلُكُمْ مِنْ خِلَافٍ ثُمَّ لَأُصَلِّبَنَّكُمْ أَجْمَعِينَ “*Mutlaka ellerinizi ve ayaklarınızı çaprazlama keseceğim, sonra da hepinizi asacağım!*” ifadesindeki lâm, kasem lâmı olmakla birlikte manayı pekiştirmektedir. Yine her iki fiilin sonuna gelen tekit lâmı da Firavun’un tehdidini daha da abartılı hale getirmektedir. Ayetin sonunda zikredilen أَجْمَعِينَ lafzı, nahiv ilminde tekit kabul edildiği gibi anlamı pekiştirmesi bakımından belâgat açısından da tekit aracı olarak zikredilebilir. (Dervîş, 1994, c.3, s. 428)

قَالُوا إِنَّا إِلَى رَبِّنَا مُنْقَلِبُونَ

Onlar, “*Biz de rabbimize dönmüş oluruz*” dediler; (Kur’an, 7:125)

Daha evvel geçtiği üzere, burada da isim cümlesi ve إِنَّ tekit edatı ile cümlelerin anlamı pekiştirilmiştir.

وَمَا تَنْفَعُ مِنَّا إِلَّا أَنْ أَمَنَا بِآيَاتِ رَبِّنَا لَمَّا جَاءَتْنَا رَبَّنَا أَفَرُّغُ عَلَيْنَا صَبْرًا وَتَوَفَّنَا مُسْلِمِينَ

“*Sen, rabbimizin âyetleri bize geldiğinde onlara inandık diye, sırf bu yüzden bizden intikam alıyorsun. Ey rabbimiz! Bize sabırlar ver ve müslüman olarak canımızı al!*” (Kur’an, 7:126)

Bu ayette, te’kîdül-medh bimâ yüşbihü’z-zem yoluyla tekit yapılmıştır. Sîbeveyhi bu sanata ilk işaret eden dilcilerdendir. (Sîbeveyhi, 1408, c.2, s. 325) Nâbîga ez-Zübyânî’nin (ö. 604 [?]) aşağıdaki beyti bu konuya verilen en yaygın örneklerdendir:

وَلَا غَيْبَ فِيهِمْ غَيْرَ أَنْ سُيُوفُهُمْ ... بِهِنَّ فُلُولٌ مِنْ قِرَاعِ الْكَتَائِبِ (Tavîl)

“*Onların hiçbir kusuru yoktur, ancak ihsan sahipleri kendisiyle kıyaslanınca cimri ve hasis kalırlar*” (ez-Zübyânî, 1996, s. 32)

Bu ayette de Nâbîga ez-Zübyânî’nin yukarıdaki beytinde olduğu gibi te’kîdül-medh bimâ yüşbihü’z-zem sanatı aracılığı ile anlam pekiştirilmiştir. (Zemahşerî, 1947, c.2, s. 142)

وَقَالَ الْمَلَأُ مِنْ قَوْمِ فِرْعَوْنَ أَتَدْرُ مُوسَى وَقَوْمَهُ لِيُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ وَيَذَرَكِ الْإِهْتِكَ قَالَ سَنُقَرِّبُ أَبْنَاءَهُمْ وَنَسْتَحْيِي نِسَاءَهُمْ وَإِنَّا فَوْقَهُمْ قَاهِرُونَ

“*Firavun’un kavminden ileri gelenler dediler ki: “Seni ve tanrılarını bırakıp yeryüzünde bozgunculuk çıkarsınlar diye mi Mûsâ’yı ve kavmini serbest bırakacaksın?” Firavun, “Biz onların oğullarını sürekli öldürüp kızlarını sağ bırakacağız. Elbette biz onları ezecek üstünlükteyiz” dedi.*” (Kur’an, 7:127)

Ayette, أَتَدْرُ مُوسَى وَقَوْمَهُ لِيُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ “*yeryüzünde bozgunculuk çıkarsınlar diye mi Mûsâ’yı ve kavmini serbest bırakacaksın?*” şeklindeki istifhâm, cümleye tekit manası katmaktadır. Yine سَنُقَرِّبُ fiilinin başında bulunan tenfis harfi (س) tekit aracıdır. Son olarak, وَإِنَّا فَوْقَهُمْ قَاهِرُونَ “*Elbette biz onları ezecek üstünlükteyiz*” ifadesinde إِنَّ edatı ve isim cümlesi tercihi tekit unsuru olarak kullanılmıştır. (Durmuş, 2011, c.40, ss. 365-368; Yılmaz, 2012, s. 197)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, A’râf suresinde yer alan Hz. Musa ve Firavun kıssası, betimleyici ve metin analizine dayanan bir yöntemle incelenerek kıssadaki tekit unsurlarının her iki tarafın söylemindeki farklı işlevleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kur’an-ı Kerim nazil olduğu Arap toplumunun dil yapısını dikkate almış ve ayetlerdeki cümle kuruluşları bu dilin kurallarına uygun biçimde oluşturulmuştur. A’râf suresinde geçen Hz. Musa ve Firavun kıssası dikkate alındığında, peygamberliğini tebliğ eden Hz. Musa ve bu tebliği kabul etmeyen Firavun arasında geçen diyaloglar dikkat çekicidir. Diyaloglarda her iki taraf, başta muhatapları olmak üzere bu diyaloglara şahit olanları ikna etme çabası içerisinde.

Sözlerindeki ikna gücünü artırmak amacıyla da çeşitli söz sanatlarına başvurmuşlardır. Bu söz sanatlarından birisi de tekit sanatıdır.

Kıssada geçen Hz. Musa'nın diyaloglarındaki tekit unsurları, Allah'ın varlığı, Hz. Musa'nın peygamber oluşu ve doğruluğu gibi hakikatleri kabul ettirmeyi amaçlamaktadır. Firavun'un söylemlerinde geçen tekit unsurları ise muhatabı tahkir etme, diyaloga şahit olanları baskı ve tahakküm altına almayı hedeflemektedir. Kur'an'da geçen aynı kıssadaki aynı dilin farklı bağlamlarda farklı işlevlere matuf bir biçimde kullanılması, Kur'an'ın üslup zenginliğinin bir göstergesidir.

Bu çalışma, A'râf suresi ile sınırlı tutulmuştur. Gelecek araştırmalar için, Hz. Musa ve Firavun kıssasının diğer surelerdeki tekit üslubunun karşılaştırmalı olarak incelenmesi önerilir.

KAYNAKÇA

- Batalyevsî, E. M. A. İ.-S. (1428). *Resâil fi'l-lüga*. Merkezü'l-Melik Faysal li'l-bühûs ve'd-dirâsâti'l-İslamiyye.
- Beyzâvî, N. A. b. Ö. (1418). *Envârü't-tenzîl ve esrârü't-te'vîl* (1-5). Dâru İhyai't-Türâsi'l-Arabî.
- Dervîş, M. (1994). *İ'râbü'l-Kur'an ve beyânühü*. Dâru'l-İrşâd.
- Durmuş, İ. (2011). Tekit. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (C. 40, ss. 365-368). TDV Yayınları.
- Ebü'l-Fütûh, M. H. (1995). *Üslûbu't-tevkîd fi'l-Kur'âni'l-Kerîm*. Mektebetu Lübnan.
- el-İsfahânî, R. (1412). *El-Müfredât fi'ğarîbi'l-Kur'an*. Dârü'l-kalem.
- ez-Zübeynî, E. Ü. (Ebû A. Z. b. M. b. D. (Dıbâb) b. C. en-Nâbiga. (1996). *Dîvânü'n-Nâbigâ ez-Zübeynî*. Dâru'l-kutubi'l-ilmîyye.
- İbn Âdil, E. H. S. Ö. (1419). *El-Lübâb fi'ulûmi'l-Kitâb* (1-20). Dâru'l-Kütubi'l-İlmîyye.
- İbn Cinnî, E.-F. O. (1952). *El-Haşâ'îş*. el-Heyetü'l-mısriyyetü'l-âmmetü li'l-kitab.
- İbn Düreyd, E. B. M. (1987). *Cemheretü'l-luğa* (1-3). Dârü'l-İlm li'l-Melâyîn.
- İbnü'l-Esir, Z. (t.y.). *El-Meselü's-sâ'ir fi edebi'l-kâtib ve's-şâ'ir*. Dâru Nahdati Mısır li't-Tibâati ve'n-Neşr ve't-Tevzî.
- Kazvînî, H. (1949). *El-İzâh li-muhtaşari Telhîşi'l-Miftâh*. Daru'l-Ceyl.
- Kur'an Yolu*. (t.y.). <https://kuran.diyanet.gov.tr/Tefsir>. Erişim tarihi 16 Temmuz 2026.
- Sîbeveyhi, E. B. (1408). *El-Kitâb* (1-4). Mektebetü'l-Hancî.
- Tantâvî, M. S. (1997). *Et-Tefsîru'l-vasît* (1-15). Dâru Nahdati Mısır li't-Tibâati ve'n-Neşr ve't-Tevzî.
- Uremmî, M. E. b. A. b. Y. b. H. (2001). *Tefsîru hadaiki'r-ravh ve'r-reyhan fi ravabi ulumi'l-Kur'an* (1-33). Daru Tavki'n-Necat.
- Yılmaz, A. (2012). *Arapça'da Nahiv ve Belağat Açısından Te'kid*. Cumhuriyet Üniversitesi Matbaası.
- Zemahşerî, E.-K. M. b. Ö. (1947). *El-Keşşâf 'an hakâ'iki gavâmizi't-tenzîl ve 'uyûni'l-eķâvîl fi vücuhi't-te'vîl* (1-4). Darü'r-reyyân li't-türâs.
- Zerkeşî, E. A. B. M. b. B. (1957). *El-Burhân fi'ulûmi'l-Kur'an*. Dâru'l-Ma'rife.
- Zuhaylî, V. (2009). *Et-Tefsîru'l-Münîr fi'l-Akîde ve's-Şerîa ve'l-Menhec* (1-30). Dâru'l-Fikr.

**HEAVY-DUTY VEHICLES MIRRORCAM® SYSTEM DESIGN AND
DEVELOPMENT: OPERATING PRINCIPLE, TECHNICAL FEATURES, SAFETY
ADVANTAGES, AND IMPACTS ON FUEL EFFICIENCY**

**AĞIR VASITA ARAÇLARINDA MIRRORCAM® SİSTEMİNİN TASARIMI VE
GELİŞTİRİLMESİ: ÇALIŞMA PRENSİBİ, TEKNİK ÖZELLİKLERİ, GÜVENLİK
AVANTAJLARI VE YAKIT VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİ**

Veysel Karani YILMAZ

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-1770>

Yusuf Tuna BİRER

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

Aksaray Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3801-4357>

Sezer SAĞLAM

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği,
Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-0808-3805>

Rifat AKGÜL

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-3117-0670>

Ahmet AVCI

Mercedes Benz Türk A.Ş., Aksaray, Türkiye

Kto Karatay Üniversitesi, Ticaret ve Sanayi Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal
Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1946-6260>

Özet

Ağır vasıta araçlarında, geleneksel dış aynaların yerine dijital kamera ve ekran teknolojisini kullanan yenilikçi Yan Ayna (MirrorCam) sistemi ile tasarlanmış ve donatılmıştır. Bu sistem, aracın aerodinamik performansını iyileştirmek, sürücünün görüş alanını genişletmek, sürüş

güvenliğini artırmak ve yakıt tüketimini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Mirror Cam sisteminin teknik özelliklerini, çalışma prensiplerini ve ticari araç operasyonlarında sağladığı avantajları değerlendirmektir. MirrorCam sistemine ait teknik özellikler ve çalışma fonksiyonları incelenmiştir. Sistem, kabinin üst çerçevesine monte edilmiş yüksek çözünürlüklü iki katlanabilir kameradan ve A sütunu bölgesine yerleştirilen 15,2 inçlik iki renkli ekrandan oluşmaktadır. İleri sürüş, dönüş, şerit değiştirme ve manevra gibi farklı sürüş koşullarında sistemin görüntüleme özellikleri ve sürücüye sağladığı destek fonksiyonları değerlendirilmiştir. Sistem, dönüş ve şerit değiştirme sırasında görüntüyü dijital olarak kaydırarak römorkun sürekli görünür kalmasına olanak vermektedir. Mesafe çizgileri ve yönlendirme göstergeleri sayesinde MirrorCam, geleneksel ayna sistemlerine kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. A sütunu çevresindeki görüş alanının artması, özellikle kavşaklar ve dönel kavşaklarda kör noktaların azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Dijital yönlendirme ve mesafe çizgileri, dönüş ve şerit değiştirme manevralarında sürüş güvenliğini desteklemektedir. Ayrıca sistem, farklı sürüş koşullarına uyum sağlayabilen görüntü optimizasyon özellikleri sayesinde sürücü farkındalığını artırmaktadır. Gelişmiş güvenlik, artırılmış görüş kabiliyeti ve yakıt tasarrufu özellikleri birlikte değerlendirildiğinde MirrorCam sisteminin modern ticari araç teknolojileri içerisinde önemli bir yenilik olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: MirrorCam; Dijital Kamera Sistemi; Yakıt Verimliliği; Sürücü Güvenliği; Görüş Alanı Geliştirme

ABSTRACT

Heavy-duty vehicles are increasingly being designed and equipped with the innovative MirrorCam® side mirror system, which replaces conventional exterior mirrors with digital camera and display technology.

The system has been developed to improve vehicle aerodynamics, enhance driver visibility, increase operational safety, and reduce fuel consumption. This study aims to evaluate the technical features, operational principles, and practical advantages provided by the MirrorCam system. Technical specifications and operational characteristics of the MirrorCam system were reviewed. The system consists of two high-resolution foldable cameras mounted on the upper roof frame and two 15.2-inch color displays positioned on the A-pillars inside the cab. Different operating conditions, including forward driving, cornering, lane changing, and maneuvering, were assessed according to the system's functionality and display configurations. The system automatically adjusts display images during turning and lane-changing maneuvers, allowing continuous visualization of the trailer. Additional guidance lines and distance indicators assist drivers in evaluating surrounding traffic conditions more accurately. Automatic Night Vision Mode improves image quality during low-light conditions, while heating functions prevent image deterioration caused by icing. MirrorCam offers significant advantages compared with conventional mirror systems. Improved visibility around the A-pillar reduces blind spots, especially at intersections and roundabouts. Digital guidance features contribute to safer lane changes and maneuvers, while image optimization functions enhance driver awareness in different driving conditions. The combination of improved safety, enhanced visibility, and reduced fuel consumption demonstrates that MirrorCam is an effective technological advancement for modern commercial vehicles.

Key Words: MirrorCam; Digital Camera System; Fuel Efficiency; Driver Safety; Visibility Enhancement

Introduction

Heavy commercial vehicles differ significantly from passenger cars in terms of dimensions, driver seating position, body structure, and operating conditions. In trucks, tractor units, and buses, the driver's direct field of vision is restricted by the vehicle body, cab components, and trailer structures. Particularly in articulated vehicle combinations consisting of a tractor and semi-trailer, the angle between vehicle sections changes continuously during turning maneuvers, making it more challenging for drivers to maintain constant awareness of their surroundings (Blomdahl, 2016; Terzis, 2016).

Conventional exterior rearview mirrors enable drivers to observe the side and rear areas of the vehicle. However, the large surface area of heavy-duty vehicle mirrors generates aerodynamic drag, increases wind noise, and, together with the A-pillars, can restrict the driver's direct field of view. Camera Monitor Systems (CMS) have been developed to overcome these limitations associated with traditional mirror systems (Schütz, 2013; Terzis, 2016).

A Camera Monitor System replaces the optical viewing path of conventional mirrors with an electronic imaging system. Cameras mounted on the exterior of the vehicle capture images of the side and rear regions, the acquired video data are processed by an electronic control unit, and the resulting images are displayed on monitors located inside the cab. While the term *Camera Monitor System* refers to the general technology category, *MirrorCam®* specifically denotes a commercial implementation designed for heavy commercial vehicles.

The fundamental technical requirements for replacing mandatory mirrors with Camera Monitor Systems are specified in ISO 16505. Furthermore, United Nations Regulation No. 46 provides the regulatory framework that enables the legal use of such systems in vehicles. These regulations define requirements regarding field of vision, image resolution, magnification ratio, contrast, frame rate, system latency, operational availability, and failure notification functions (Esser, 2016; International Organization for Standardization [ISO], 2015; United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2015).

The aim of this study is to explain the technical structure and operating principles of MirrorCam systems used in heavy commercial vehicles; evaluate their advantages in terms of visibility, safety, ergonomics, and fuel efficiency; and identify the fundamental engineering requirements that should be considered during the development and optimization of such systems.

MirrorCam System Structure and Operating Principle

Basic Components

A Camera Monitor System (CMS) primarily consists of cameras, an electronic control unit (ECU), and display monitors. The camera subsystem includes an optical lens, a Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) image sensor, exposure control electronics, and a data transmission unit. The electronic control unit receives image data from the cameras, performs the necessary image processing and enhancement operations, and prepares the video output for display on the in-cab monitors (Brading et al., 2016; Terzis, 2016).

In MirrorCam® systems, compact digital cameras are mounted externally on both sides of the vehicle in place of conventional mirror assemblies. These cameras continuously capture the areas alongside and behind the vehicle and transmit the acquired image data to the electronic control unit. The processed video stream is then displayed on high-resolution monitors positioned inside the cab near the A-pillars, allowing the driver to observe the vehicle surroundings without relying on traditional mirrors (Blomdahl, 2016; Terzis, 2016).

The display units are designed to provide a clear and stable image under varying lighting and weather conditions. To ensure reliable operation during daytime, nighttime, rain, fog, and glare situations, image-processing functions such as brightness adaptation, contrast enhancement, and exposure optimization are employed. These functions help maintain adequate visibility and compliance with regulatory performance requirements (Esser, 2016; ISO, 2015).

The integration of cameras, electronic processing hardware, and display monitors enables MirrorCam systems to provide a digital representation of the vehicle's surroundings while reducing the aerodynamic and visibility limitations associated with conventional exterior mirror assemblies. As a result, the system contributes to improved situational awareness, enhanced driver comfort, and increased operational safety in heavy commercial vehicle applications.



Figure 1 Side View of the MirrorCam System

Note. Adapted from Daimler Truck AG, 2025, <https://www.daimlertruck.com>. Copyright 2025 by Daimler Truck AG.



Figure 2 Left Display View of the MirrorCam System

Note. Adapted from Daimler Truck AG, 2025, <https://www.daimlertruck.com>. Copyright 2025 by Daimler Truck AG.

Typical MirrorCam System Configuration in Heavy Commercial Vehicles In a typical heavy commercial vehicle MirrorCam system, cameras are mounted on the upper right and left sides of the cab. This positioning enables a wide-angle view of the vehicle's side and rear areas while reducing the camera surface's direct exposure to road dirt and environmental contaminants. The camera images are displayed on monitors located inside the cab near the right and left A-pillars.

Positioning the displays close to the locations traditionally occupied by conventional mirrors helps drivers maintain their established viewing habits and eye movement patterns. Displaying the left camera image on the driver's left side and the right camera image on the right side is particularly important for preserving spatial perception and ensuring intuitive interpretation of the displayed information (Blomdahl, 2016; Esser, 2016).

Image Processing and Image Quality

The raw image captured by the camera undergoes several processing stages before being displayed on the monitor. These processes include image noise reduction, color and contrast correction, geometric distortion compensation, brightness control, and image scaling to match display resolution requirements (Brading et al., 2016).

High Dynamic Range (HDR) functionality enables details in both dark and brightly illuminated regions to be preserved within the same image. This feature is particularly important during nighttime driving. The system must be capable of displaying dark road surfaces and surrounding

objects while simultaneously preventing the bright headlights of following vehicles from dominating the image and reducing visibility (Faber & Heinemann, 2016).

The image-processing system must not introduce excessive latency. According to ISO 16505, total system latency should remain below 200 ms, and the display frame rate under daytime conditions should reach at least 30 frames per second (ISO, 2015; Oba, 2016).

Image quality is not determined solely by camera resolution or pixel count. Lens quality, sensor performance, image-processing algorithms, display resolution, image contrast, and the viewing distance between the driver and the display must all be considered collectively. Therefore, Camera Monitor System design should be based on overall system performance rather than on the characteristics of individual components alone (Oba, 2016; Terzis, 2016).

Operation Under Different Driving Conditions

During lane-change maneuvers, the expanded field of view makes it easier to detect road users located beside the vehicle or within blind-spot areas. When integrated with blind-spot detection technologies, the system can generate temporary warnings for vehicles, cyclists, or pedestrians present in critical zones, thereby enhancing driver awareness and operational safety (Terzis, 2016).



Figure 3: *Nighttime View of the MirrorCam Left Display*

Note. Adapted from Daimler Truck AG, 2025, <https://www.daimlertruck.com>. Copyright 2025 by Daimler Truck AG.

Operation During Turning Maneuvers

During cornering, the angle between the tractor unit and the trailer continuously changes. A fixed camera image may be insufficient to display the rear section of the trailer during sharp

turns. MirrorCam can adjust the displayed image according to steering angle and trailer movement, ensuring that the trailer remains continuously visible to the driver (Blomdahl, 2016).

During reversing and low-speed maneuvering operations, trailer-end markers, vehicle-width indicators, and distance reference guides can be displayed. Dynamic guidance lines can indicate the predicted path of the vehicle based on the current steering angle. These features facilitate docking at loading ramps, parking operations, and maneuvering in confined spaces (Schmalriede, 2016).

Visibility, Ergonomics, and Safety Advantages

Replacing large exterior mirror housings with compact camera units can improve the driver's direct field of view around the A-pillar area. This advantage is particularly significant at intersections, roundabouts, and pedestrian crossings. The visual obstruction created jointly by the A-pillar and conventional mirror assemblies can cause certain road users to become completely hidden from the driver's view for short periods of time (Blomdahl, 2016; Terzis, 2016).

The reduced size of the camera modules decreases the blind areas surrounding the vehicle and allows drivers to observe vulnerable road users, such as pedestrians and cyclists, more effectively. Improved visibility around intersections and turning areas can contribute to enhanced traffic safety and a reduction in collision risk.

From an ergonomic perspective, MirrorCam displays are positioned inside the cab, closer to the driver's natural viewing direction than conventional exterior mirrors. As a result, drivers can obtain rearward and sideward visual information with smaller head movements and reduced eye refocusing effort. This arrangement can decrease visual fatigue, particularly during long-distance operations and extended driving periods (Esser, 2016).

Another important safety benefit is the system's capability to overlay driving assistance information directly onto the displayed image. Features such as distance markers, lane-change assistance indicators, trailer tracking lines, and blind-spot warnings provide additional situational information to the driver. By integrating visual information with advanced driver assistance functions, MirrorCam can improve situational awareness and support safer driving decisions under complex traffic conditions (Terzis, 2016).

Furthermore, digital image processing allows the system to maintain image quality under challenging environmental conditions, including rain, fog, low-light situations, and glare from following vehicles. Consequently, drivers can receive more consistent visual information than may be possible with conventional mirror systems, whose performance can be affected by contamination, water droplets, or poor lighting conditions (Faber & Heinemann, 2016; Oba, 2016).



Figure 4: *Comparison of Conventional Exterior Mirrors and the MirrorCam Display System*

Note. Adapted from Daimler Truck AG, 2025, <https://www.daimlertruck.com>. Copyright 2025 by Daimler Truck AG.

Camera-based systems can provide a wider horizontal and vertical field of view than conventional mirrors. Under normal operating conditions, the images obtained from different camera perspectives can be arranged appropriately to reduce blind spots along the side of the cab, around the front corner of the vehicle, and throughout the length of the trailer.

The position of the displays directly influences ergonomic performance. When monitors are placed too far from the driver's normal line of sight, eye movement demands increase. Conversely, positioning displays excessively close to the driver's forward viewing direction may cause distraction, particularly during nighttime driving, due to screen brightness. Therefore, the size and placement of the displays should be optimized to avoid obstructing the direct field of view while enabling rapid visual refocusing between the road and the screen (Blomdahl, 2016; Bothe, 2014).

Although camera images are two-dimensional, they preserve important depth cues such as relative object size, motion, perspective, and optical flow. Research has shown that, following an adaptation period, drivers are able to assess distance and relative speed through Camera Monitor Systems with performance levels comparable to those achieved using conventional mirrors (Bothe, 2014; Schmidt et al., 2016).

During nighttime operation, automatic image enhancement functions improve visibility under low-light conditions. In addition, camera heating systems help prevent image degradation caused by ice formation and condensation. Camera lenses must also be resistant to scratching, rain, snow, road contaminants, and high-pressure washing conditions to ensure reliable long-term operation in demanding commercial vehicle environments (Faber & Heinemann, 2016; Terzis, 2016).

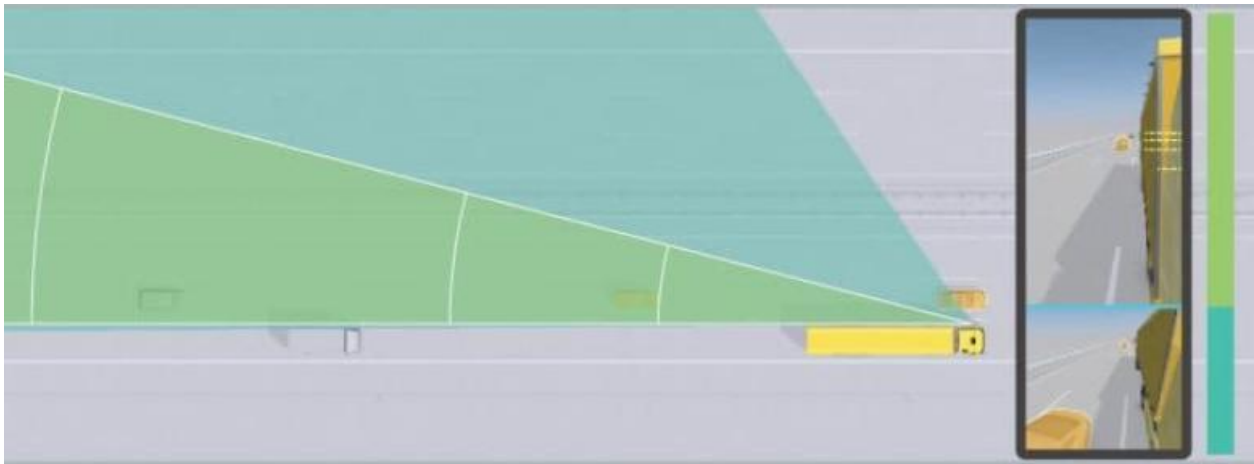


Figure 5: *Field of View Provided by the MirrorCam Display System*

Note. Adapted from Daimler Truck AG, 2025, <https://www.daimlertruck.com>. Copyright 2025 by Daimler Truck AG.

Functional Safety

Since Camera Monitor Systems legally replace mandatory rearview mirrors, system failures are considered safety-critical. Conditions such as camera malfunction, communication loss, display failure, power interruption, or image freezing must be detected by the system.

A frozen image is particularly hazardous because the driver may interpret it as a live representation of current traffic conditions. Frame counters, communication monitoring functions, watchdog timers, and display-content verification mechanisms can be used to detect such failures (Brading et al., 2016; Kaiser, 2016).

Functional safety activities should be conducted in accordance with the ISO 26262 standard. If the system is unable to provide a valid image, the driver must receive a clear and timely warning (ISO, 2018; Kaiser, 2016).

Aerodynamic Design and Fuel Efficiency

The large exterior mirrors used on heavy commercial vehicles are positioned in areas exposed to significant airflow. As a result, these mirrors increase aerodynamic drag and wind noise. Replacing large mirror housings with more compact camera arms can contribute to reducing both the vehicle's frontal projected area and drag coefficient (Schütz, 2013; Terzis, 2016).

Because aerodynamic drag increases proportionally to the square of vehicle speed, the fuel-efficiency benefits provided by MirrorCam systems become more noticeable during highway operation than in low-speed urban driving.

Aerodynamic studies conducted on heavy commercial vehicles indicate that improvements in mirror-related airflow characteristics can theoretically achieve fuel savings of up to 2.9% (Devesa & Indinger, 2011). Under series-production and real-world operating conditions, fuel-consumption reductions of approximately 2% have been reported (Bothe, 2014; Terzis, 2016).

These values should not be compared directly because they are based on different vehicle configurations, test cycles, and operating conditions. Actual fuel savings depend on factors such as average speed, annual mileage, payload, road characteristics, climatic conditions, and driver behavior.

When calculating net fuel savings, the electrical consumption of cameras, displays, processors, and heating systems must also be taken into account. Nevertheless, Camera Monitor Systems may offer additional advantages because they are generally lighter than conventional heavy-vehicle mirror assemblies and can reduce aerodynamic wind noise (Schmalriede, 2016; Terzis, 2016).

Limitations and Development Requirements

Despite their significant advantages, MirrorCam systems have several technical limitations. System costs are generally higher than those of conventional mirrors. Cameras, displays, electronic control units, software, heating systems, cleaning mechanisms, and diagnostic components may increase maintenance and repair costs.

Dirt, water droplets, snow, and ice accumulating on the camera surface can reduce image quality. Therefore, the camera housing should be aerodynamically designed, heated, and, when necessary, actively cleaned (Blomdahl, 2016; Faber & Heinemann, 2016).

Although automatic adjustment of the viewing area assists the driver, unexpected or rapid image transitions may negatively affect perception. Automatic panning and zooming functions should therefore operate gradually and predictably. The system should also be capable of accurately distinguishing actual turning maneuvers from normal steering corrections (Blomdahl, 2016).

Drivers require a certain adaptation period to become fully accustomed to electronic display systems. This is particularly important for drivers who alternate between conventional mirror-equipped vehicles and vehicles equipped with MirrorCam systems, as they must adapt to different magnification characteristics and display locations (Bothe, 2014; Schmidt et al., 2016).

Conclusion

MirrorCam and similar Camera Monitor Systems represent a significant technological advancement capable of reducing many of the limitations associated with conventional exterior mirrors in heavy commercial vehicles. By expanding the field of view, reducing blind spots, improving trailer monitoring, and enhancing image quality under low-light conditions, these systems contribute to improved driving safety.

Replacing large mirror housings with compact camera units can also reduce aerodynamic drag and fuel consumption. Depending on vehicle type and test conditions, the literature reports real-world fuel savings ranging from approximately 1.3% to 2.0%, with a theoretical savings potential of up to 2.9% (Devesa & Indinger, 2011; Terzis, 2016).

MirrorCam systems developed in compliance with ISO 16505, United Nations Regulation No. 46, and ISO 26262 provide an important technological platform for making heavy commercial vehicles safer, more efficient, and more aerodynamic.

References

- Blomdahl, P. (2016). Vision in commercial vehicles with respect to camera monitor systems. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 133-172). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_4
- Bothe, A. (2014). *Analyse dynamischer Sichtsituationen zur ergonomischen Auslegung von Kamera-Monitor-Systemen in schweren Nutzfahrzeugen* (Doctoral dissertation, Technische Universität Darmstadt).

- Brading, M., Keelan, B., & Tran, H. (2016). Image sensors for camera monitor systems. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 175-201). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_5
- Devesa, A., & Indinger, T. (2011). *Verbrauchsreduktion an Nutzfahrzeugkombinationen durch aerodynamische Maßnahmen* (FAT-Schriftenreihe No. 237). Forschungsvereinigung Automobiltechnik.
- Esser, M. (2016). Standardization and vehicle regulation aspects of camera monitor systems. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 51-100). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_2
- Faber, C., & Heinemann, P. (2016). Optical effects in camera monitor systems. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 203-234). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_6
- Fitch, G. M., Blanco, M., Camden, M. C., Olson, R. L., McClafferty, J., Morgan, J. F., Wharton, A. E., Howard, H. E., Trimble, T., & Hanowski, R. J. (2011). *Field demonstration of heavy vehicle camera/video imaging systems* (Report No. DOT HS 811 475). National Highway Traffic Safety Administration.
- Gutzmer, R. (2016). Video interface technology. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 253-277). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_8
- International Organization for Standardization. (2015). *Road vehicles: Ergonomic and performance aspects of camera monitor systems: Requirements and test procedures* (ISO 16505:2015).
- International Organization for Standardization. (2018). *Road vehicles: Functional safety* (ISO 26262:2018).
- Kaiser, B. (2016). Functional safety of camera monitor systems. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 511-533). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_16
- Oba, E. (2016). Resolution and sharpness requirements for CMS. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 101-132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_3
- Schmalriede, T. (2016). CMS concept for commercial vehicles: Optimized fuel efficiency and increased safe mobility. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 437-452). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_12
- Schmidt, E. A., Hoffmann, H., Krautscheid, R., Bierbach, M., Frey, A., Gail, J., & Lotz-Keens, C. (2016). Camera-monitor systems as a replacement for exterior mirrors in cars and trucks. In A. Terzis (Ed.), *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505* (pp. 369-436). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1_11
- Schütz, T. (Ed.). (2013). *Hucho: Aerodynamik des Automobils* (6th ed.). Springer Vieweg.
- Terzis, A. (Ed.). (2016). *Handbook of camera monitor systems: The automotive mirror-replacement technology based on ISO 16505*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29611-1>

United Nations Economic Commission for Europe. (2015). *Proposal for Supplement 2 to the 04 series of amendments to Regulation No. 46: Devices for indirect vision* (ECE/TRANS/WP.29/2015/84).

Wierwille, W. W., Schaudt, W. A., Blanco, M., Alden, A. S., & Hanowski, R. J. (2011). *Enhanced camera/video imaging systems for heavy vehicles* (Report No. DOT HS 811 483). National Highway Traffic Safety Administration.

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEDIATRIC PATIENTS WITH ABDOMINAL PAIN PRIMARILY TRANSPORTED BY THE 112 EMERGENCY MEDICAL SERVICES

112 ACİL SAĞLIK HİZMETLERİ TARAFINDAN TRANSFER EDİLEN KARIN AĞRISI YAKINMALI PEDIATRİK OLGULARIN RETROSPEKTİF ANALİZİ

Specialist Dr. Ümit Alper ÖZCAN

Ankara Bilkent City Hospital, Department of Pediatrics, Ankara, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3040-753X>

Specialist Dr. Esma KIR

University of Health Sciences, Gülhane Training and Research Hospital, Department of Emergency Medicine, Ankara, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9529-2883>

ABSTRACT

Objective: Abdominal pain is one of the most common reasons for pediatric emergency department visits. Although most cases are benign, abdominal pain may also represent the initial manifestation of surgical conditions such as acute appendicitis, making differential diagnosis and appropriate patient disposition challenging. This study aimed to describe the demographic characteristics, accompanying clinical findings, triage categories, and transfer processes of pediatric patients with abdominal pain who were primarily transported by the 112 Emergency Medical Services (EMS).

Materials and Methods: This retrospective descriptive study included 41 pediatric patients aged 0–18 years with abdominal pain who were primarily transported to a hospital by the 112 EMS. Continuous variables were summarized as mean $\pm$ standard deviation or median (interquartile range, IQR), while categorical variables were presented as frequencies and percentages. Key proportions were reported with Wilson 95% confidence intervals (95% CI).

Results: The mean age was 12.7 ± 5.1 years (median, 15 years), and 87.8% of patients were ≥ 6 years of age. Females accounted for 56.1% of the cohort, and all cases originated from urban areas. Isolated abdominal pain was the presenting complaint in 80.5% of patients, while 58.5% had no accompanying symptoms. Suspected acute abdomen was documented during the prehospital assessment in 73.2% of cases (95% CI, 58.1–84.3). At triage, 61.0% of patients were classified as yellow and 39.0% as green; no patient was assigned to the red-triage category. Overall, patients were clinically stable, with 97.6% documented as being in good general condition, all having a Glasgow Coma Scale score of 15, and all arriving at the hospital in stable condition. No patient required airway intervention, cardiopulmonary resuscitation, or experienced cardiac arrest. Patients were most frequently transported to tertiary training and research hospitals (48.8%). The median total prehospital time was 31.0 minutes.

Conclusion: Pediatric patients with abdominal pain transported by the 112 EMS were predominantly school-aged children and adolescents with low-to-moderate acuity who arrived

at the hospital in stable condition. The high frequency of suspected acute abdomen documented during prehospital assessment, despite overall clinical stability, underscores the importance of promptly identifying and excluding potentially surgical causes.

Keywords: abdominal pain, pediatric emergency, prehospital care, emergency medical services

ÖZET

Amaç: Karın ağrısı, çocuk acil başvurularının sık nedenlerindendir; büyük çoğunluğu iyi huylu seyretmekle birlikte akut apandisit gibi cerrahi gerektiren durumların ilk belirtisi de olabildiğinden ayırıcı tanı ve yönlendirme açısından zorlayıcıdır. Bu çalışma, karın ağrısı yakınmasıyla 112 ASH tarafından transfer edilen pediatrik olguların demografik özelliklerini, eşlik eden klinik bulgularını, triyaj düzeylerini ve transfer süreçlerini betimlemeyi amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem: Retrospektif ve tanımlayıcı desende yürütülen çalışmaya, 112 ASH tarafından bir hastaneye primer transfer edilen 0–18 yaş arası karın ağrısı yakınmalı 41 pediatrik olgu alındı. Sürekli değişkenler ortalama±standart sapma ya da medyan (çeyrekler arası aralık, ÇAA), kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak özetlendi; başlıca oranlar Wilson skor yöntemiyle hesaplanan %95 güven aralıklarıyla (GA) birlikte verildi.

Bulgular: Olguların yaş ortalaması 12,7±5,1 yıl (medyan 15) olup %87,8'i altı yaş ve üzerindeydi; %56,1'i kız, tamamı kentsel kaynaklıydı. Ana yakınma olguların %80,5'inde izole karın ağrısıydı; %58,5'inde ek bir yakınma yoktu. Sahada akut batın şüphesi olguların %73,2'sinde (%95 GA 58,1–84,3) not edilmişti. Triage'da olguların %61,0'i sarı, %39,0'u yeşil kategorideydi; kırmızı olgu bulunmuyordu. Klinik tablo genellikle stabildi (genel durum %97,6 iyi; GKS 15; %100 stabil teslim) ve hiçbir olguda havayolu girişimi, arrest ya da resüsitasyon gerekmedi. Olgular en sık eğitim ve araştırma hastanesine (%48,8) yönlendirildi; medyan toplam prehospital süre 31,0 dakikaydı.

Sonuç: 112 ASH ile transfer edilen karın ağrılı pediatrik olgular okul çağı–ergenlik ağırlıklı, orta-düşük aciliyetli ve hastaneye stabil teslim edilen bir profil göstermektedir. Sahada yüksek oranda akut batın şüphesinin kaydedilmesi, klinik stabiliteye karşın cerrahi nedenlerin dışlanması gerekliliğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: karın ağrısı, pediatrik acil, hastane öncesi bakım, 112 acil sağlık hizmetleri

GİRİŞ

Karın ağrısı, çocuk acil servislerine yapılan başvuruların yaklaşık onda birini oluşturan, sık ve çoğu zaman tanısal belirsizlik taşıyan bir yakınmadır. Olguların büyük bölümünde altta yatan neden iyi huylu ve kendini sınırlayan tablolardır; ancak aynı yakınma, başta akut apandisit olmak üzere zamanında tanı ve cerrahi gerektiren ciddi durumların da ilk belirtisi olabilir [1]. Bu nedenle karın ağrılı bir çocukta asıl güçlük, sınırlı veriyle iyi huylu olanı acil cerrahi gerektirenden ayırmak ve doğru yönlendirme kararını verebilmektir. Sorumlu nedenler ve klinik ağırlık yaşa göre değişir; etiyolojik dağılım süt çocukluğundan ergenliğe doğru belirgin biçimde farklılaşır [2].

Bu ayırım çabasının ilk halkası çoğu kez hastane öncesi aşamada, 112 Acil Sağlık Hizmetleri (ASH) ekipleriyle kurulur; sahada belirlenen triyaj düzeyi ve eşlik eden bulgular, olgunun aciliyetini ve hedef merkezi saptamada yol gösterir. Buna karşılık hastane öncesi pediatrik

literatür ağırlıklı olarak travma ve nörolojik tablolara yoğunlaşmış, karın ağrısı gibi medikal yakınmalar görece geri planda kalmıştır [3]. 112 ASH tarafından transfer edilen karın ağrılı pediatrik olguların profilini bütüncül biçimde ele alan veriler de oldukça sınırlıdır. Bu çalışma; söz konusu olguların demografik özelliklerini, eşlik eden klinik bulgularını, triyaj düzeylerini ve transfer süreçlerini betimlemeyi amaçlamaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma retrospektif ve tanımlayıcı desende kurgulandı. Ankara'da 112 ASH tarafından bir hastaneye primer transfer edilen, 0–18 yaş arası karın ağrısı yakınmalı 41 pediatrik olgu incelendi. Olgulara ait demografik bilgiler; çağrı zamanı (gün dilimi, mesai durumu) ve olay yeri; ana ve eşlik eden yakınmalar, ağrı lokalizasyonu, akut batın şüphesi, vital parametreler ve yüksek aciliyet göstergeleri, triyaj kategorisi, prehospital süre ve mesafeler ile hedef hastane ve hastaneye varış durumu kayıt altına alındı. Veriler IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) ile çözümlendi. Sürekli değişkenler ortalama±standart sapma ya da medyan (ÇAA), kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak özetlendi; başlıca oranlar Wilson skor yöntemiyle hesaplanan %95 güven aralıklarıyla (GA) birlikte sunuldu. Araştırma sorusu tanımlayıcı olduğundan çözümlemeler betimleyici düzeyde tutuldu.

BULGULAR

Kırk bir olgunun tanımlayıcı özellikleri Tablo 1'de topluca verilmiştir.

Tablo 1. Karın ağrısı yakınmalı pediatrik olguların tanımlayıcı özellikleri (n=41)

Değişken	Değer (n=41)
Demografik özellikler	
Yaş, yıl (ort.±SS)	12,7 ± 5,1
Yaş grubu — 0–5 / 6–12 / 13–18 yaş, n (%)	5 (12,2) / 11 (26,8) / 25 (61,0)
Cinsiyet — kız, n (%)	23 (56,1)
Kentsel bölge, n (%)	41 (100)
Gün dilimi — gündüz, n (%)	24 (58,5)
Olay yeri — ev, n (%)	25 (61,0)
Yakınma ve eşlik eden bulgular	
Ana yakınma — izole karın ağrısı, n (%)	33 (80,5)
Ana yakınma — karın ağrısı + kusma, n (%)	8 (19,5)
Eşlik eden yakınma — yok, n (%)	24 (58,5)
Ağrı lokalizasyonu — yaygın, n (%)	11 (26,8)
Akut batın şüphesi — var, n (%)	30 (73,2)
Travma öyküsü — var, n (%)	3 (7,3)
Trijaj ve klinik ağırlık	
Trijaj — sarı / yeşil, n (%)	25 (61,0) / 16 (39,0)
Genel durum — iyi, n (%)	40 (97,6)
Taşikardi — var, n (%)	16 (39,0)
Hipotansiyon — var, n (%)	1 (2,4)
Havayolu girişimi / arrest / KPR — var, n (%)	0 (0)
Vital bulgular	
Nabız, /dk (ort.±SS)	98,0 ± 16,6

Değişken	Değer (n=41)
Sistolik kan basıncı, mmHg (ort.±SS)	115,5 ± 18,1
SpO ₂ , % (ort.±SS)	98,0 ± 1,3
Glasgow Koma Skalası (ort.±SS)	15,0 ± 0,2
Transfer süreçleri	
Reaksiyon süresi, dk (medyan; ÇAA)	1,4 (0,9–2,5)
Olay yerine ulaşım, dk (medyan; ÇAA)	7,4 (5,4–9,2)
Toplam prehospital süre, dk (medyan; ÇAA)	31,0 (26,0–36,5)
Hedef hastane — EAH, n (%)	20 (48,8)
Hastaneye stabil teslim, n (%)	41 (100)

ÇAA: çeyrekler arası aralık; EAH: eğitim ve araştırma hastanesi; KPR: kardiyopulmoner resüsitasyon; SS: standart sapma.

Olgular ağırlıklı olarak büyük yaş gruplarından oluşuyordu: yaş ortalaması 12,7±5,1 yıl (medyan 15) olup %87,8'i (%95 GA 74,5–94,7) altı yaş ve üzerindiydi ve en kalabalık grup 13–18 yaş aralığıydı (%61,0). Cinsiyet dağılımında hafif bir kız üstünlüğü vardı (%56,1; %95 GA 41,0–70,1). Tüm olgular kentsel bölgeden başvurmuş; çağrılar gündüz (%58,5) ve gece (%41,5) ile mesai içi ve dışı arasında dengeli dağılmıştı. En sık olay yeri evdi (%61,0).

Ana yakınma olguların %80,5'inde (%95 GA 66,0–89,8) izole karın ağrısı, %19,5'inde karın ağrısına eşlik eden kusmaydı. Eşlik eden bir yakınma olguların %58,5'inde yoktu; bulunduğu en sık kusma (%12,2) bildirildi. Ağrı çoğunlukla yaygın (%26,8) ya da lokalizasyonu belirtilmemiş (%31,7) olarak kayıtlıydı. Dikkat çekici biçimde, olguların %73,2'sinde (%95 GA 58,1–84,3) sahada akut batın şüphesi not edilmişti; buna karşın travma öyküsü (%7,3) ve bilinen kronik hastalık (%2,4) seyrekli.

Triyaj düzeyleri orta-düşük aciliyet lehineydi: olguların %61,0'i sarı, %39,0'u yeşil kategorideydi ve hiçbir olgu kırmızı (en acil) olarak sınıflanmamıştı. Klinik tablo genellikle stabildi, genel durum %97,6 olguda iyi, bilinç tüm olgularda açıktı (GKS 15) ve vital bulgular normal sınırlardaydı (ortalama nabız 98,0±16,6/dk; sistolik kan basıncı 115,5±18,1 mmHg; SpO₂ %98,0±1,3). Taşikardi %39,0 olguda görülürken hipotansiyon yalnızca tek olguda saptandı; hiçbir olguda havayolu girişimi, arrest ya da kardiyopulmoner resüsitasyon gerekmedi.

Hastane öncesi süreç hızlı ve kısa mesafeli işledi: medyan reaksiyon süresi 1,4 dakika, olay yerine ulaşım 7,4 dakika ve toplam prehospital süre 31,0 dakikaydı (ÇAA 26,0–36,5); olay yerine ve hastaneye varış mesafeleri sırasıyla medyan 2 ve 4 km idi. Olgular en sık eğitim ve araştırma hastanesine (%48,8) yönlendirildi ve tamamı (%100; %95 GA 91,4–100) hastaneye stabil biçimde teslim edildi.

TARTIŞMA

Serimizdeki en belirgin örüntü, karın ağrısıyla 112 tarafından taşınan çocukların büyük çoğunluğunun okul çağı ve ergenlik döneminde toplanması ve klinik olarak stabil seyretmesidir. Bu tablo, pediatrik karın ağrısının çoğunlukla iyi huylu olduğu, ancak değerlendirmenin yaşa göre şekillenmesi gerektiği yönündeki bilgiyle uyum içindedir [1,2]. Öte yandan, olguların yaklaşık dörtte üçünde sahada akut batın şüphesinin not edilmiş olması, görünürdeki klinik stabiliteye karşın ekiplerin cerrahi bir nedeni dışlama konusunda temkinli davrandığını ve bu yakınmayı hafife almadığını göstermektedir. Triyajda kırmızı olgu bulunmaması ve tüm olguların stabil teslim edilmesi ise, bu temkinin aşırı bir aciliyet algısına dönüşmediğine; olguların uygun düzeyde önceliklendirildiğine işaret eder. Hastane öncesi

sürecin demografik ve yönlendirme örüntüsü, kentsel ağırlık ve en sık eğitim-araştırma hastanesine transfer, Yazıcı ve arkadaşlarının Ankara 112 pediatrik travma serisiyle benzeşmektedir [4]. Kısa reaksiyon ve transfer süreleri ise Akkan Öz ve Yazıcı'nın da katkı verdiği Ankara 112 yanık çözümlemesinde tanımlanan saha performansı ile aynı doğrultudadır [5]. Olguların büyük bölümünün sarı triyajla, yani yüksek değil orta öncelik ile taşınması, ambulansla getirilen pediatrik olgularda aciliyet düzeylerinin geniş bir yelpazeye yayıldığını bildiren Bucak ve arkadaşlarının gözlemleriyle örtüşür [6]. Çalışmanın yorumlanmasını sınırlayan başlıca etkenler; görece küçük örneklem (n=41), tek merkezli ve retrospektif tasarım ile ağırlı süresi ve dehidratasyon gibi bazı değişkenlerdeki kayıt eksikliğidir. Yine de, 112 ile transfer edilen karın ağrılı pediatrik olgulara odaklanan hastane öncesi verileri derlemesi, çalışmayı özgün kılmaktadır.

SONUÇ

112 ASH ile transfer edilen karın ağrılı pediatrik olgular; okul çağı ergenlik ağırlıklı, kentsel kaynaklı, orta-düşük aciliyetli ve hastaneye stabil teslim edilen bir profil ortaya koymaktadır. Sahada yüksek oranda akut batın şüphesinin not edilmesi, klinik stabiliteye rağmen cerrahi nedenlerin dışlanması gerekliliğine ve hastane öncesi değerlendirmenin önemine işaret etmektedir. Bulguların daha geniş, çok merkezli serilerle ve eksik kaydedilen değişkenlerin tamamlanmasıyla pekiştirilmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKÇA

1. Buel KL, Wilcox J, Mingo PT. Acute abdominal pain in children: evaluation and management. *Am Fam Physician*. 2024;110(6):621-631.
2. Yang WC, Chen CY, Wu HP. Etiology of non-traumatic acute abdomen in pediatric emergency departments. *World J Clin Cases*. 2013;1(9):276-284.
3. Turan C, Saz EU, Anil M, et al. The first national data of Turkish prehospital emergency care for children: epidemiology, clinical characteristics, and outcomes. *Hong Kong J Emerg Med*. 2022;29(5):289-295.
4. Yazıcı R, Güner M, Bala ED, et al. Examination of the transport characteristics of pediatric trauma patients. *Turk J Med Sci*. 2024;54(4):847-857.
5. Bulut B, Genç M, Akkan Öz M, Yazıcı R, et al. Prehospital and emergency data analysis in burn patients: mortality predictors and response times over five years. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2025;31(2):140-147.
6. Bucak İH, Almış H, Benli S, Geyik M, Turgut M. An evaluation of patients brought to the pediatric emergency department by ambulance. *J Pediatr Emerg Intensive Care Med*. 2020;7(2):62-68.

EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION ON THE YIELD PARAMETERS OF ROCKET (*Eruca sativa* L.) GROWN IN GREENHOUSE CONDITIONS

SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ROKA BİTKİSİNE (*Eruca sativa* L.) KISITLI SULAMA UYGULAMASININ VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud

Benha University, Faculty of Agriculture, Agricultural and Biosystem Engineering
Department, Qalubiya, Egypt

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8193-388X>

Prof. Dr. Yasemin Kuşlu

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4008-1004>

ABSTRACT

This study investigated the effects of different water levels on the yield of rocket (*Eruca sativa* L.) grown under greenhouse conditions. The experiment was conducted in a greenhouse with a natural ventilation system and polycarbonate covering material, in 5-liter pots with 4 plants per pot. Deficit irrigation was performed according to the evaporation value read from a reduced evaporation pan. Full irrigation (S1) was applied at 100% of the evaporation value, while restricted irrigations were applied at 80% (S2) and 60% (S3) of the evaporation value.

Water consumption per pot was determined as 133.0 mm in total for the S1 treatment, 106.4 mm for the S2 treatment, and 79.8 mm for the S3 treatment. The average leaf length and marketable yield were observed in the S1 treatment at 18.67 cm and 13.15 g, respectively, while the average number of leaves per plant was observed in the S2 treatment at 7.44.

The study concluded that applying high levels of water restriction in leafy green vegetables reduces marketable plant yield; however, in cases of mandatory "deficit irrigation" due to insufficient water resources, irrigation restriction of up to 80% may be recommended.

Key Words: *Eruca sativa*, deficit irrigation, greenhouse conditions

ÖZET

Bu çalışmada sera koşullarında yetiştirilen roka (*Eruca sativa* L.) bitkisine uygulanan kısıtlı sulama düzeylerinin bitki verimi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Deneme doğal havalandırma sistemine ve polikarbon örtü malzemesine sahip serada ve 5 litre hacimli saksılarda her saksıda 4 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Kısıtlı sulama uygulamaları indirgenmiş buharlaşma kabından okunan buharlaşma değerine göre yapılmıştır. Tam sulama

(S1) konusunda buharlaşma değerin %100'ü, kısıtlı sulamalar ise buharlaşma değerin %80'i (S2) ve %60'ı (S3) uygulanarak yapılmıştır.

Saksı başına su tüketimi, S1 uygulamasında toplam 133.0 mm; S2 uygulamasında 106.4 mm ve S3 konusunda ise 79.8 mm olarak belirlenmiştir. Ortalama yaprak boyu ve pazarlanabilir verim sırasıyla 18.67 cm ve 13.15 g ile S1 konusunda, bitki başına ortalama yaprak sayısı ise 7.44 adet ile S2 konusunda gözlenmiştir.

Araştırma sonucunda yeşil yapraklı sebzelerde yüksek oranda su kısıtı uygulamasının pazarlanabilir bitki verimini azalttığı bununla birlikte su kaynaklarının yetersiz olduğu zorunlu “eksik sulama” durumlarında %80'e kadar kısıtlı sulama önerilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eruca sativa*, kısıtlı sulama, bitki su tüketimi, sera

**INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING THE MECHANICAL
PERFORMANCE OF ADHESIVELY BONDED POLYMER PARTS
MANUFACTURED BY ADDITIVE MANUFACTURING**

**EKLEMELİ İMALATLA ÜRETİLEN POLİMER PARÇALARIN YAPIŞTIRICI İLE
BİRLEŞTİRİLMESİNDE MEKANİK PERFORMANSI ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ**

Dr. Mehmet Şah GÜLTEKİN

Siirt Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri
Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-1251-9219

Özet

Eklemeli imalat teknolojileri, karmaşık geometrilere sahip parçaların hızlı ve ekonomik bir şekilde üretilmesi sayesinde otomotiv, havacılık, biyomedikal ve savunma sanayi başta olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, üretim hacmi sınırlamaları, karmaşık montaj gereksinimleri ve hasarlı parçaların onarımı gibi nedenlerle eklemeli imalatla üretilen polimer parçaların güvenilir şekilde birleştirilmesi önemli bir mühendislik problemi olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda yapıştırıcı ile birleştirme yöntemleri, hafiflik sağlaması, gerilme yığılmalarını azaltması ve farklı malzemelerin birleştirilmesine olanak tanınması nedeniyle mekanik bağlantı yöntemlerine alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, eklemeli imalatla üretilen polimer parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmesinde mekanik performansı etkileyen temel faktörler güncel literatür ışığında kapsamlı olarak incelenmiştir. Yapıştırıcı türü, yüzey hazırlama yöntemi, yapıştırıcı tabakası kalınlığı, kürleme koşulları, baskı parametreleri, malzeme türü ve üretim yönelimi gibi değişkenlerin bağlantı dayanımı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, farklı araştırmalarda elde edilen bulgular birlikte ele alınarak mevcut yaklaşımların avantajları, sınırlılıkları ve literatürde öne çıkan araştırma eğilimleri tartışılmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, mekanik performansın yalnızca yapıştırıcı seçimine değil; yüzey hazırlama yöntemi, üretim parametreleri ve uygulama koşullarının birlikte optimize edilmesine bağlı olduğu görülmektedir. Çalışmanın, eklemeli imalatla üretilen polimer parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmesine yönelik yürütülecek gelecekteki deneysel araştırmalar ile endüstriyel uygulamalara yol gösterici nitelikte kapsamlı bir kaynak oluşturacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eklemeli İmalat, Yapıştırıcı ile Birleştirme, Polimer Malzemeler, Mekanik Performans, Literatür Değerlendirmesi.

ABSTRACT

Additive manufacturing technologies have been widely adopted in various fields, particularly in the automotive, aerospace, biomedical, and defense industries, due to their capability to rapidly and economically produce parts with complex geometries. However, the reliable joining of polymer parts fabricated by additive manufacturing has emerged as an important engineering

challenge due to limitations in production volume, complex assembly requirements, and the need for repair of damaged components. In this context, adhesive bonding methods have been considered as an alternative to mechanical fastening techniques because they provide lightweight structures, reduce stress concentrations, and enable the joining of dissimilar materials.

In this study, the key factors affecting the mechanical performance of adhesively bonded polymer parts produced by additive manufacturing are comprehensively reviewed based on the recent literature. The effects of adhesive type, surface preparation method, adhesive layer thickness, curing conditions, printing parameters, material type, and build orientation on the joint strength are comparatively evaluated. Furthermore, the findings reported in different studies are analyzed collectively to discuss the advantages, limitations, and emerging research trends in current approaches.

The overall assessment indicates that the mechanical performance of adhesively bonded additive-manufactured polymer components is not solely dependent on adhesive selection but also on the integrated optimization of surface treatment methods, manufacturing parameters, and application conditions. This review provides a comprehensive reference for future experimental investigations and industrial applications involving adhesive joining of polymer components fabricated through additive manufacturing.

Keywords: Additive Manufacturing, Adhesive Bonding, Polymer Materials, Mechanical Performance, Literature Review.

Giriş

Eklemeli imalat (Additive Manufacturing, AM) teknolojileri, geleneksel imalat yöntemleriyle elde edilmesi zor veya imkânsız olan karmaşık geometrilerin hızlı, ekonomik ve düşük malzeme kaybı ile üretilmesine olanak tanır. Otomotiv, havacılık, biyomedikal ve savunma sanayisi başta olmak üzere birçok alanda yaygınlaşan bu teknolojiler; tasarım özgürlüğü, kişiselleştirilmiş üretim ve kısa imalat süreleri gibi önemli avantajlar sunmaktadır (Yalçın & Ergene, 2017). Ancak baskı hacmi sınırlamaları, karmaşık montaj gereksinimleri ve hasarlı bileşenlerin yerinde onarımı gibi durumlarda polimer esaslı parçaların güvenilir bir şekilde birleştirilmesi kritik bir mühendislik problemi olarak öne çıkmaktadır.

Polimer parçaların birleştirilmesinde cıvata veya perçin gibi mekanik bağlantı elemanlarının kullanımı ilave ağırlığa, yerel gerilme yığılmalarına ve tabakalar arası hasar riskine yol açmaktadır (Türkoğlu, 2020). Bu doğrultuda yapıştırıcı ile birleştirme yöntemleri; hafif yapılar oluşturmaları, gerilmeleri geniş bir alana yayması, farklı polimer kombinasyonlarının birleştirilmesine imkân tanıması ve yüzey bütünlüğünü koruması nedeniyle güçlü bir alternatif sunmaktadır (Banea & da Silva, 2009). Bununla birlikte termoplastiklerin düşük yüzey enerjisi, heterojen yüzey pürüzlülüğü ve FDM (Fused Deposition Modeling) yöntemine özgü katmanlı morfoloji, yapıştırma ara yüzeyinde yeterli mekanik performansın elde edilmesini zorlaştırmaktadır.

Literatürde yürütülen deneysel araştırmalar, bağlantı mukavemetinin çok sayıda parametrenin karmaşık etkileşimine bağlı olduğunu göstermektedir. Doluluk oranı ve katman kalınlığı gibi baskı parametrelerinin artması çekme dayanımını doğrudan etkilerken (Özdoğan, 2021; Polat vd., 2018, 2021), yapıştırıcı türü ve tabaka kalınlığı birleştirme performansında belirleyici rol oynamaktadır (Canadas vd., 2019). Ayrıca boru ve L-tipi bağlantı geometrilerinde yapıştırıcı kalınlığının optimize edilmesi, bindirme uçlarındaki gerilme yığılmalarını belirgin şekilde sönmölemektedir (Kurtkan, 2016; Saraç, 2021; Yılmaz, 2020). Sandviç ve biyo-esinli yapılarda

ise hücre boyutu ile bağlantı geometrisinin mekanik davranışı doğrudan yönettiği bildirilmiştir (Eşer, 2021; Geçit, 2021).

Mekanik performansı artırmada yüzey modifikasyonları hayati önem taşımaktadır. Zımparalama gibi mekanik işlemlerin yanı sıra soğuk atmosferik plazma ve kimyasal dağlama uygulamaları yüzey enerjisini artırarak yapışma kalitesini yükseltmektedir (Akdoğan & Yalçın, 2020; Zhang vd., 2024). Son dönemdeki araştırmalar ise FDM parçalarının yüzey pürüzlülüğü ile birleştirme geometrisinin optimizasyonuna (Moradi vd., 2023), statik ve dinamik yükler altındaki mekanik yanıtlara (Silva & Campilho, 2023) ve PETG/ABS esaslı yapılarındaki hasar modlarının tespiti ile çevresel yaşlanma/yorulma davranışlarına odaklanmıştır (Kumar & Singh, 2024; Pappas & Dong, 2022; Rauch vd., 2018; Wang & Zhao, 2025). Binder jetting gibi farklı eklemeli imalat yöntemlerinde de bağlayıcı oranının ve ısıtılmanın yapısal bütünlük üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Chumnanklang vd., 2007; Makaraç, 2021).

Tüm bu gelişmeler ışığında, eklemeli imalat parçalarının yapıştırıcı ile birleştirilmesinde tek bir parametre yerine; malzeme türü, yüzey hazırlığı, yapıştırıcı kimyası ve baskı parametrelerinin bütüncül (entegre) bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, eklemeli imalatla üretilmiş polimer parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmesinde mekanik performansı etkileyen temel faktörleri güncel literatür çerçevesinde sistematik olarak incelemek ve gelecekteki araştırmalar ile endüstriyel uygulamalara yönelik tasarım kriterleri sunmaktır.

Literatürdeki Çalışmaların Karşılaştırmalı Analizi

Eklemeli imalatla üretilmiş polimer parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmesi üzerine yürütülen deneysel araştırmalar; malzeme türü, yüzey hazırlığı, kullanılan yapıştırıcı kimyası ve uygulanan test standartları açısından belirgin farklılıklar göstermektedir. Literatürde öne çıkan başlıca çalışmalar Tablo 1'de sistematik olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Eklemeli İmalat Polimerlerinin Yapıştırıcı ile Birleştirilmesine Yönelik Literatür Analizi

Çalışma	Malzeme (3B Baskı)	Yapıştırıcı Türü	Yüzey Hazırlama Yöntemi	Uygulanan Test	Temel Bulgular / Sonuçlar
Polat vd. (2021)	PLA	Loctite EA 9492 / Teroson PU 9225	Zımparalama / Temizlik	Çekme (Tensile)	Doluluk oranı arttıkça dayanım artmıştır. Loctite'ta tabaka kalınlığı dayanımı artırırken Teroson'da düşürmüştür.
Canadas vd. (2019)	ABS	Epoksi esaslı yapıştırıcı	Yüzey Pürüzlendirme	Çekme / Kesme	Yüzey pürüzlülüğünün artması adezyonu iyileştirmiştir. 0.52 mm yapıştırıcı kalınlığında en yüksek hasar yükü elde edilmiştir.
Akdoğan & Yalçın (2020)	PLA, ABS	Farklı Yapıştırıcılar	Soğuk Atmosferik Plazma	Çekme-Kesme	Plazma yüzey aktivasyonu yüzey enerjisini artırarak yapışma mukavemetini belirgin şekilde yükseltmiştir.

Çalışma	Malzeme (3B Baskı)	Yapıştırıcı Türü	Yüzey Hazırlama Yöntemi	Uygulanan Test	Temel Bulgular / Sonuçlar
Saraç (2021)	Polimer Boru	Yapısal Akrilik / Epoksi	Mekanik Temizleme	Kesme (Gerilme Analizi)	Yapıştırıcı kalınlığının artırılması bindirme uçlarındaki gerilme yığılmalarını sönümlemiştir.
Rauch vd. (2018)	ABS / CF-ABS	Yapısal Yapıştırıcılar	Zımparalama	Çekme	Baskı yönünün yük eksenine paralelliği dayanımı artırmıştır; katman arası zayıflık nedeniyle CF takviyesi beklenenden düşük çıkmıştır.
Pappas & Dong (2022)	ABS (GF/CF Takviyeli)	Epoksi (Vakum İnfüzyon)	Kimyasal / Mekanik	Çekme & Darbe	Cam elyaf takviyesi darbe direncini artırırken, karbon fiber katman ayrışmasına yol açabilmiştir.

Yapıştırıcılar ve Özellikleri

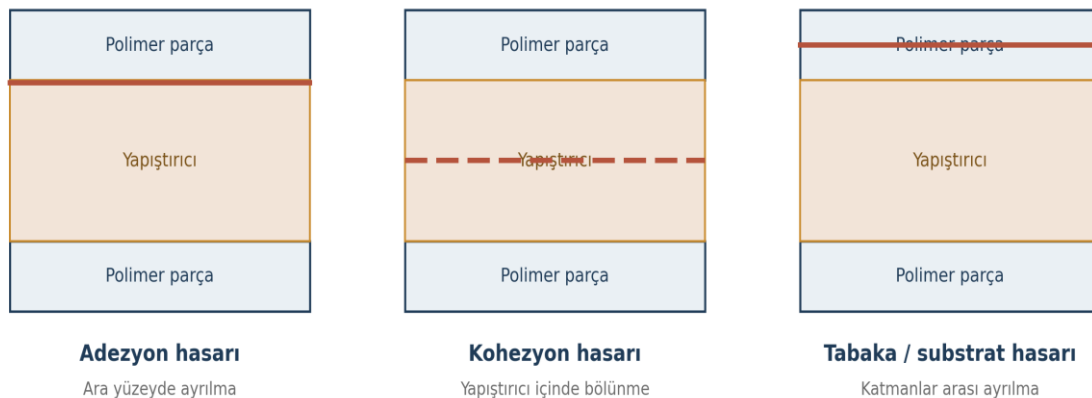
Şekil 1’de yapıştırma bölgesindeki hasar mekanizmaları üç ana grupta incelenir: Yapıştırıcı ile polimer yüzey arasındaki bağın kopması (**Adezyon Hasarı**), yapıştırıcının kendi iç yapısından bölünmesi (**Kohezyon Hasarı**) ve eklemeli imalatla üretilen parçanın katmanlarından ayrılması (**Tabaka/Substrat Hasarı**). Bütüncül bir tasarımda hedef, adezyon kuvvetini kohezyondan yüksek tutarak substrat veya kohezyon hasar rejimine ulaşmaktır.



Şekil 1. Polimer türüne göre yüzey işlemi ve yapıştırıcı seçim süreci

Yapıştırıcılar, aynı ya da farklı yüzeylere sahip parçaların bir arada tutulmasını sağlayan kimyasal maddelerdir. Bu maddeler yüzeyler arasına uygulanarak, malzemelerin birleşmesini sağlayan “yapıştırma” işlemini mümkün kılar. Bu süreçte iki temel etkileşim mekanizması devreye girer: kohezyon ve adezyon. Aynı tür moleküller arasındaki çekim kuvveti kohezyon, farklı türdeki moleküllerin birbirine bağlanması ise adezyon olarak tanımlanır (Gürsel, 2019). Etkili bir yapıştırma işlemi için yapıştırıcının yüzeyin tüm mikropürüzlerine nüfuz etmesi gerekir. Bu da yüzeyin temizliğine doğrudan bağlıdır; zira toz, yağ, pas gibi kontaminasyonlar yapıştırıcının etkinliğini azaltarak bağlantının zayıflamasına neden olabilir.

Bu üç hasar modu arasındaki farkın görsel olarak karşılaştırılması Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Yapıştırma bölgesinde gözlenen temel hasar mekanizmaları: adezyon, kohezyon ve tabaka/substrat hasarı

Yapıştırıcıların Fonksiyonları

Yapıştırıcılar, geleneksel mekanik bağlantı elemanlarının yerini alabilecek güçlü alternatiflerdir. Özellikle polimer esaslı yapıştırıcılar, hafiflik, yüksek dayanım ve yüzeye zarar vermeme gibi avantajlar sunmaktadır. Yapıştırıcıların başlıca görevleri şu şekilde özetlenebilir:

- Aynı veya farklı türden malzemeleri bir arada tutabilme,
- İnce plakalarda hassas ve zarar vermeden birleştirme,
- Korozyon direncini artırma ve yalıtım sağlama,
- Hassas toleranslara gerek kalmaksızın bağlantı oluşturma,
- Titreşim ve ses yalıtımı gibi sönümleme özellikleri sunma (Banea & da Silva, 2009; Akçakale, t.y.).

Yapıştırıcıların Yapısı ve Polimerik Özellikleri

Yapıştırıcıların temel bileşeni doğal ya da sentetik polimerlerdir. Bu maddeler, yüksek moleküler ağırlıkları nedeniyle geniş bir ağırlık aralığında tanımlanır. Polimerlerin zincir uzunluğu ve bu zinciri oluşturan monomer sayısı, yapıştırıcının fiziksel ve kimyasal performansını belirler (Nie vd., 2022). Bazı yapıştırıcılar polimerizasyon yoluyla elde edilir. Örneğin, poliadisyon tepkimesiyle monomerlerin uç uca eklenmesi sonucu elde edilen polimerler, güçlü yapıştırıcı karakteri gösterebilir.

Yapıştırıcılarda Kullanılan Polimer Türleri

Doğal Yapıştırıcılar:

Bitkisel ya da hayvansal kökenli bu maddeler kazein, nişasta, dekstrin gibi bileşenlerden oluşur. Suda çözünür olmaları kullanım kolaylığı sağlasa da rutubet ve suya karşı dayanıklılıkları düşüktür. Özellikle ambalaj sektöründe sıklıkla tercih edilir (Yalçınkaya vd., 2019).

Termoplastik Yapıştırıcılar:

Selüloz türevleri, PVA, PVC, PE, PP ve PVAL gibi polimerlerden oluşurlar. Bu tür yapıştırıcılar sıvı çözelti, emülsiyon veya ısıtıldığında eriyebilen katı formda olabilirler. Çoğunlukla organik çözücülerde çözünerek yüzeye uygulanırlar (Gökkurt, 2007).

Termoset Yapıştırıcılar:

Isı ile kimyasal yapı değiştirerek erimeyen form kazanan yapıştırıcılardır. Epoksi, polyester ve aminoplastik reçineler bu grupta yer alır. Bu tür yapıştırıcılar yüksek mukavemet ve kırılma direnci sağlarlar. Sıvı, pasta veya toz formda bulunabilirler (Toğar, 2021).

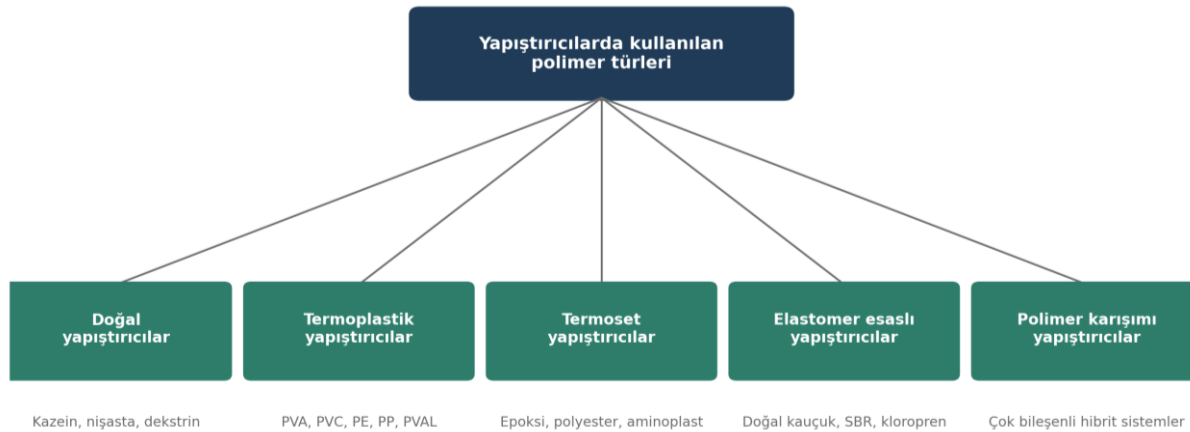
Elastomer Esaslı Yapıştırıcılar:

Doğal kauçuk, SBR, kloropren gibi elastomerlerden türetilmiş yapıştırıcılardır. Esneklik gerektiren uygulamalarda kullanılırlar. Ancak, yüksek sıcaklıklara karşı sınırlı direnç sunarlar. Özellikle tekstil, deri ve kauçuk endüstrilerinde tercih edilirler.

Polimer Karışımı Yapıştırıcılar:

Farklı polimerlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan bu yapıştırıcılar, yüksek sıcaklık, basınç ve kimyasal etkiye karşı dirençli bağlantılar oluşturabilir. Özellikle metal, cam ve seramik gibi yüzeylerde tercih edilir.

Yukarıda tanımlanan beş yapıştırıcı sınıfının hiyerarşik özeti Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Yapıştırıcılarda kullanılan polimer türlerinin sınıflandırılması

Loctite ve Pattex Yapıştırıcılarının İncelenmesi

Bu çalışmada, 3B yazıcılarla üretilmiş ABS, PLA ve PETG gibi farklı termoplastik malzemelerin birleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan iki yapıştırıcı seçilmiştir: **Loctite HY 4070** ve **Pattex 2K**. Her iki yapıştırıcı da mühendislik uygulamalarında hızlı kürlenme, güçlü yapışma ve yüksek dayanım özellikleriyle öne çıkmaktadır.

Loctite HY 4070

Loctite HY 4070, çift bileşenli, jel kıvamında bir hibrit yapıştırıcıdır. Şeffaf-sarımsı görünümde olup, metal, plastik, kauçuk gibi çok çeşitli yüzeylere uygulanabilir. Oda sıcaklığında hızlı kürlenme sağlar ve nemden etkilenmeden performansını sürdürebilir. Yapısal onarım, kenar/köşe birleştirmeleri, farklı malzeme kombinasyonlarının yapıştırılması gibi geniş bir uygulama yelpazesi mevcuttur.

Uygulama aşamaları:

- Yüzeylerin kuru, temiz ve kirden arındırılmış olması gerekir.
- İki bileşen homojen şekilde karıştırılır.
- Kartuş dik konumda tutulur, hava kabarcıkları giderilerek karışım hazır hale getirilir.
- Hazırlanan yapıştırıcı yüzeylerden birine uygulanır ve yüzeyler hemen birleştirilir.
- Parçalar sabit şekilde sabitlenmeli ve 24 saat süreyle mekanik etkiye maruz bırakılmamalıdır.

Tablo LOCTITE HY 4070 Teknik Bilgileri

Özellik	Değer
İçerik	Akrilik Hibrit
Bileşen Sayısı	2
Boşluk Doldurma	5.00 mm
Renk, Reçine	Sarı
Viskozite	Yok
FEA (Finite Element Analysis)	Viskoelastik
Kopma Dayanımı	25.0 N/mm ²
Yapışma Süresi (Alüminyum, 0.5mm boşluk)	<60.0 saniye
Çalışma Sıcaklığı (Karışık)	-40.0 – 100.0 °C
Hacme Göre Karışım Oranı	10:01

Fikstür Süresi	0.1 N/mm ² 'lik kesme mukavemeti süresi
----------------	--

Pattex 2K

Pattex 2K, çift bileşenli yapıya sahip, genel amaçlı güçlü bir yapıştırıcıdır. Farklı malzeme türlerini birleştirme, tamir etme ve montaj işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ahşap yüzeylerden metale, plastiğe ve elastomer esaslı malzemelere kadar geniş bir yelpazede etkili yapışma performansı sergiler. Özellikle esnek yüzeylerin birleştirilmesinde gösterdiği yüksek performans, kauçuk, lastik ve plastik gibi deformasyona açık malzemelerle kullanımını mümkün kılar. Ahşap parçalarda ise hem onarım hem de sabitleme işlemlerinde kolay ve pratik bir çözüm sunar.

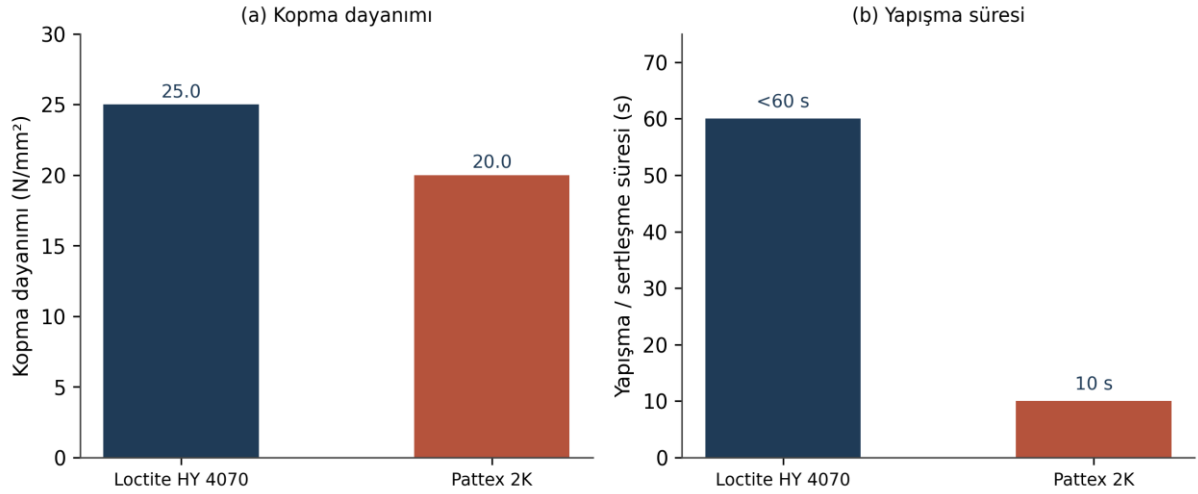
Yapıştırıcı, yüzey emilimine karşı geliştirdiği direnç sayesinde yüksek yapışma mukavemeti sağlamaktadır. Endüstriyel uygulamaların yanı sıra hobi ve ev tipi onarımlarda da tercih edilen bu ürün, hızlı kürlene süresiyle de öne çıkmaktadır.

Uygulama Aşamaları:

- Uygulama yapılacak yüzeyler kuru, temiz ve yabancı maddelerden (toz, yağ, kir) tamamen arındırılmalıdır.
- Öncelikle aktivatör, yüzeye yaklaşık 20–25 cm mesafeden püskürtülür. Uygulama sonrası 3 saniyelik kısa bir bekleme süresi yeterlidir.
- Aktivatör, yanıcı özelliğe ve basınçlı ambalaj içeriğine sahiptir. Bu nedenle uygulama sırasında iyi havalandırılan alanlarda çalışılmalı; uzun süreli kullanım durumunda solunum maskesi veya taze hava maskesi tercih edilmelidir. Cilt teması, ezilme ve ısı ile teması halinde dikkatli olunmalıdır.
- Ardından yapıştırıcının ikinci bileşeni yüzeye sürülür ve diğer parça ile temas ettirilerek birleştirme işlemi gerçekleştirilir.
- Birleştirilen parçalar sabitlenerek kısa süreli baskı uygulanmalıdır.
- Tam yapışma için sadece 10 saniyelik bir süre yeterlidir; bu süre boyunca obje dış etkenlerden korunmalı, darbe ya da yer değiştirme olmamalıdır.

Pattex 2K'nın hızlı reaksiyon süresi ve güçlü adezyon özelliği, onu çok çeşitli uygulama alanlarında pratik ve etkili bir çözüm haline getirmektedir.

İki yapıştırıcının kopma dayanımı ve yapışma süresi bakımından karşılaştırılması Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Loctite HY 4070 ve Pattex 2K yapıştırıcılarının karşılaştırmalı teknik performansı

Tablo 2.2. PATTEX 2K Teknik Bilgileri

Kaynak: <http://www.yonkimya.net/documents/282.html>

Özellik	Değer
İçerik	Polikloropren ve reçine esaslı yapıştırıcı
Bileşen Sayısı	2
Kimyası	Siyanoakrilat
Renk	Şeffaf
Sertleşme Süresi	5 ~10 sn
Aktivatör	Heptan
Yoğunluk (20°C)	1,06 –1,08 g/cm³ (8.84 –9.01 lb/gal)
Kopma Dayanımı	20 N/mm²
Vizkozite	1200-1700 cps
Isı Dayanımı	(-)50°C'den 80°C
Parlama Noktası	>85°C

Literatürdeki Araştırma Boşlukları ve Gelecek Çalışma Önerileri

Eklemeli imalatla üretilen polimer parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmesine yönelik yürütülen çalışmalar incelendiğinde, alanda önemli gelişmeler kaydedilmekle birlikte halen çözölememiş bazı teknik eksiklikler ve araştırma boşlukları (research gaps) tespit edilmiştir:

Baskı Anizotropisi ve Yapışma İlişkisi: Mevcut çalışmalar çoğunlukla dikey veya yatay baskı yönelimlerine odaklanmıştır. Farklı açılarda (örneğin 45°) üretilen katmanlı yapıların yapıştırıcı ara yüzeyiyle etkileşimi ve mikro-boşlukların yapıştırıcı nüfuziyetine etkisi detaylı haritalandırılmamıştır.

Çevresel Yaşlanma ve Uzun Süreli Dayanım: Literatürdeki verilerin büyük kısmı oda sıcaklığında yapılan statik çekme ve kesme testlerine dayanmaktadır. Nem, UV radyasyonu, sıcaklık döngüleri ve kimyasal ortamlara maruz kalan yapıştırma bağlantılarının uzun dönemli yorulma ve sürünme (creep) davranışları üzerine araştırmalar oldukça sınırlıdır.

Standart Test Metodolojisi Eksikliği: FDM parçalarında dolgu deseni (gyroid, honeycomb, grid vb.) ve doluluk oranının değişmesi, ASTM D1002 (kesme) ve ASTM D638 (çekme) gibi standart testlerde gerilme dağılımını değiştirmektedir. Eklemeli imalat parçalarının yapıştırma testleri için özelleştirilmiş test standartlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tahribatsız Muayene (NDT) Yöntemleri: Yapıştırma hattındaki hava kabarcıkları veya yapışmama kusurlarının ultrasonik test veya termografi gibi yöntemlerle tespit edilmesine yönelik çalışmalar eklemeli imalat polimerleri için henüz emekleme aşamasındadır.

Bu derlemede ele alınan ve mekanik performansı bütüncül biçimde etkileyen temel değişkenler Şekil 5'te özetlenmiştir.



Şekil 5. Yapıştırıcı ile birleştirilen eklemeli imalat parçalarında mekanik performansı etkileyen temel faktörler

Sonuçlar

Eklemeli imalatla üretilmiş polimer parçaların yapıştırıcı ile birleştirilmesine ilişkin güncel literatürün kapsamlı incelemesi sonucunda elde edilen temel bulgular aşağıda özetlenmiştir:

En Başarılı Yapıştırıcı Türleri: Mühendislik uygulamalarında yüksek mekanik performans ve soyulma direnci açısından iki bileşenli epoksi esaslı yapıştırıcılar ile hızlı kurlenme ve darbe sönümlenme sunan akrilik/siyanoakrilat hibrit yapıştırıcılar en yüksek bağlantı mukavemetini sağlamaktadır.

Yüzey Hazırlığının Etkisi: Termoplastiklerin düşük yüzey enerjisini artırmak için yalnızca mekanik zımparalama yeterli olmamakta; soğuk atmosferik plazma ve kimyasal dağlama/solvent uygulamaları ıslanabilirliği ve adezyon kuvvetini önemli ölçüde artırmaktadır.

Malzeme Türüne Göre Yapışma Davranışı: PLA parçalar rijit yapıları sayesinde çekme gerilmelerinde yüksek değerler sunarken, ABS ve PETG gibi malzemelerde yüzey polaritesinin düşük olması nedeniyle yapıştırıcı öncesi yüzey aktivasyonu zorunluluk arz etmektedir.

Üretim Parametrelerinin Rolü: Bağlantı mukavemeti sadece yapıştırıcıya değil, parça doluluk oranına (%100'e yaklaştıkça mukavemet artar) ve yapıştırıcı tabakası kalınlığının optime edilmesine (genellikle 0.1–0.5 mm arası) doğrudan bağlıdır.

Kaynakça

Akdoğan, M., & Yalçın, H. (2020). FDM yöntemiyle üretilen termoplastiklerin yüzey modifikasyonu ve yapıştırılabilirliğe etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(3), 663–670.

Banea, M. D., & da Silva, L. F. (2009). Static and fatigue behaviour of adhesively bonded joints under impact loadings. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 29(6), 678–686. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2009.01.008>

Canadas, I., Baldassini, N., Ferreira, M., & Lachaud, F. (2019). Adhesive bonding performance of 3D-printed polymers: Effect of surface roughness and infill rate. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33(16), 1751–1764. <https://doi.org/10.1080/01694243.2019.1595902>

Chumnanklang, R. A., Masood, S. H., & Sbarski, I. (2007). Mechanical characterization and optimization of polymer composite parts manufactured by three-dimensional printing. *Materials & Design*, 28(3), 1020–1026. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2006.01.014>

Eşer, K. (2021). *Petek yapılı sandviç kompozit yapıların çekme ve eğilme davranışlarının incelenmesi* (Yayın Lanmamış yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Geçit, M. Ğ. (2021). *Biyo-esinli yapıştırıcı bağlantıların mekanik performanslarının değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Kumar, S., & Singh, R. (2024). Evaluation of failure modes in adhesively joined FFF-printed PETG and ABS structures. *Materials Today: Proceedings*, 98, 412–419.

Kurtkan, Ü. (2016). *L tipi yapısal yapıştırıcı bağlantılarının mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Makaraç, E. (2021). *Toz yatak füzyon yöntemi ile üretim yapılan parçaların mekanik karakterizasyonu* (Yayınlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Moradi, M., Moghadam, M. K., & Shamsborhan, M. (2023). Adhesive bonding of additively manufactured PLA components: Optimization of surface roughness and joint geometry. *Journal of Manufacturing Processes*, 92, 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.02.050>

Özdoğan, S. (2021). *Katmanlı imalat yönteminde üretim parametrelerinin mekanik özelliklere etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Pappas, J. M., & Dong, X. (2022). Mechanical behavior of composite parts manufactured by hybrid fused deposition modeling and vacuum infusion process. *Composites Part B: Engineering*, 232, Article 109620. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109620>

Polat, N., Nergizhan, A. N. A. Ç., & Mert, F. (2021). Eklemeli imalat ile üretilen PLA parçaların yapıştırılmasında yapıştırma parametrelerinin mekanik dayanımına etkisinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(1), 1–1.

Polat, N., Yıldırım, M., & Ulu, H. (2018). PLA esaslı 3B yazıcı ile üretilmiş numunelerde yapıştırıcı kalınlığının ve doluluk oranının mekanik performansa etkisi. *Politeknik Dergisi*, 21(4), 891–897. <https://doi.org/10.2339/politeknik.389781>

- Rauch, C. B., Zeng, Y., & Zhang, J. (2018). The influence of infill pattern and density on the mechanical properties of additively manufactured ABS parts. *Rapid Prototyping Journal*, 24(3), 589–597. <https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2017-0002>
- Saraç, İ. (2021). *Boru tipi yapıştırıcı bağlantıların gerilme analizi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Silva, A. R., & Campilho, R. D. S. G. (2023). Mechanical performance of adhesively bonded FDM-printed polymer joints under static loading. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 124, Article 103380. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2023.103380>
- Türkoğlu, İ. K. (2020). *3B yazıcılar ile PLA malzeme kullanılarak üretilen sandviç yapının farklı yükleme altındaki mukavemet analizi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Wang, J., & Zhao, M. (2025). Environmental durability and fatigue behavior of structural adhesive joints in additively manufactured polymers. *Progress in Materials Science*, 141, Article 101210.
- Yalçın, B., & Ergene, B. (2017). Katmanlı üretim (Additive Manufacturing) teknolojisinin günümüzdeki durumu ve gelecekteki beklentiler: Literatür incelemesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22(3), 233–250. <https://doi.org/10.17482/uumfd.328489>
- Yılmaz, B. (2020). *Çelik ve alüminyum yüzeylerin yapıştırılmasında sıcaklık ve kürleme süresinin yapışma mukavemetine etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Zhang, Y., Chen, X., & Liu, L. (2024). Surface modification techniques for improving adhesive bonding strength of 3D-printed thermoplastics: A review. *Surface and Coatings Technology*, 475, Article 130120.

ENHANCEMENT OF MECHANICAL PERFORMANCE IN ADDITIVE MANUFACTURING-BASED FIBER-REINFORCED POLYMER COMPOSITES: A REVIEW OF MATERIALS, PROCESSING PARAMETERS, AND FUTURE TRENDS

EKLEMELİ İMALAT İLE ÜRETİLEN FİBER TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERDE MEKANİK PERFORMANSIN GELİŞTİRİLMESİ: MALZEME, ÜRETİM PARAMETRELERİ VE GELECEK EĞİLİMLERİ ÜZERİNE BİR DERLEME

Dr. Mehmet Şah GÜLTEKİN

Siirt Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-1251-9219

Özet

Eklemeli imalat teknolojileri, karmaşık geometrilerin üretimine olanak sağlaması, düşük malzeme tüketimi ve tasarım esnekliği gibi avantajları nedeniyle günümüzde birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, polimer esaslı eklemeli imalat parçalarının mekanik performansındaki sınırlamalar, yüksek dayanım gerektiren uygulamalarda önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Bu nedenle fiber takviyeli polimer kompozitlerin eklemeli imalat süreçlerine entegrasyonu, mekanik özelliklerin geliştirilmesi açısından önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, eklemeli imalat yöntemiyle üretilen fiber takviyeli polimer kompozitlerin mekanik performansını etkileyen temel faktörler literatür araştırması kapsamında incelenmiştir. Fiber türü, matris malzemesi, fiber oranı ve yönlendirilmesinin yanı sıra; katman yüksekliği, baskı yönü, raster açısı, doluluk oranı ve üretim sıcaklığı gibi proses parametrelerinin mekanik özellikler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, Taguchi, yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı optimizasyon yaklaşımlarının kompozit parçaların performans geliştirilmesindeki rolü ele alınmıştır.

Literatür değerlendirmesi sonucunda, karbon fiber, cam fiber ve sürekli fiber takviyeli kompozitlerin yüksek mekanik performans gerektiren uygulamalarda önemli avantajlar sağladığı fiber sistemleri ve yapay zekâ destekli üretim yaklaşımlarının ise gelecekte eklemeli imalat kompozitlerinin gelişiminde belirleyici olacağı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eklemeli imalat, FDM, fiber takviyeli polimer kompozitler, karbon fiber, mekanik performans, proses optimizasyonu, makine öğrenmesi

ABSTRACT

Additive manufacturing technologies have become widely used in various engineering applications due to their advantages, such as the ability to produce complex geometries, reduced material waste, and high design flexibility. However, the limitations in the mechanical performance of polymer-based additive manufactured parts remain a significant challenge, particularly for structural applications requiring high strength. Therefore, the integration of fiber-reinforced polymer composites into additive manufacturing processes has emerged as an effective approach for improving mechanical properties.

In this study, the key factors affecting the mechanical performance of fiber-reinforced polymer composites produced by additive manufacturing were investigated through a comprehensive literature review. The effects of fiber type, matrix material, fiber content, and fiber orientation, as well as process parameters including layer height, printing orientation, raster angle, infill density, and printing temperature, were evaluated. Furthermore, the role of optimization approaches based on Taguchi methods, artificial intelligence, and machine learning in enhancing the performance of composite parts was discussed.

The literature evaluation revealed that carbon fiber, glass fiber, and continuous fiber-reinforced composites provide significant advantages for high-performance engineering applications. In addition, sustainable fiber systems and artificial intelligence-assisted manufacturing approaches are expected to play a critical role in the future development of additive manufacturing composites. This review provides a comprehensive perspective on current trends, challenges, and future opportunities for improving the mechanical performance of fiber-reinforced polymer composites produced by additive manufacturing.

Keywords: Additive manufacturing, FDM, fiber-reinforced polymer composites, carbon fiber, mechanical performance, process optimization, machine learning

Giriş

Eklemeli imalat (Additive Manufacturing, AM) teknolojileri, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla karmaşık geometrilerin hızlı, düşük malzeme kaybıyla ve doğrudan bilgisayar destekli tasarım verilerinden üretilebilmesine olanak sağlaması nedeniyle son yıllarda büyük önem kazanmıştır (Gibson vd., 2021). Özellikle prototipleme süreçlerinde başlayan kullanım alanı, günümüzde havacılık, otomotiv, biyomedikal, savunma sanayii ve tüketici ürünleri gibi birçok endüstriyel alana genişlemiştir (Ngo vd., 2018). Eklemeli imalat teknolojileri arasında yer alan ergiyik yığma modelleme (Fused Deposition Modeling, FDM), düşük maliyetli ekipmanları, geniş malzeme seçenekleri ve kolay uygulanabilirliği sayesinde polimer esaslı parçaların üretiminde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir (Popescu vd., 2018).

Bununla birlikte, FDM yöntemiyle üretilen geleneksel termoplastik parçaların mekanik özellikleri, özellikle katmanlar arası zayıf bağ oluşumu, anizotropik yapı, sınırlı rijitlik ve düşük darbe dayanımı gibi nedenlerle mühendislik uygulamalarında bazı kısıtlamalara sahiptir (Chacón vd., 2017). Bu nedenle, eklemeli imalat ile üretilen polimer parçaların mekanik performansının artırılması amacıyla fiber takviyeli polimer kompozit malzemelerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Fiber takviyeler, polimer matris içerisinde yük taşıma kapasitesini artırarak çekme dayanımı, elastisite modülü, yorulma dayanımı ve boyutsal kararlılık gibi önemli mekanik özelliklerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Ning vd., 2015).

Karbon fiber, cam fiber, aramid fiber ve doğal fiberler gibi farklı takviye elemanları, eklemeli imalat süreçlerinde kullanılan polimer malzemelerin performansını iyileştirmek amacıyla yaygın olarak araştırılmaktadır (Wang vd., 2017). Özellikle karbon fiber takviyeli PLA, PETG, ABS ve PA esaslı kompozitler; yüksek özgül dayanım, düşük yoğunluk ve üstün mekanik özellikleri nedeniyle havacılık ve otomotiv uygulamalarında dikkat çekmektedir (Tekinalp vd., 2014). Bununla birlikte, fiber tipi, fiber uzunluğu, fiber oranı, fiber yönlenmesi ve matris-fiber ara yüzey bağlanması gibi faktörler, elde edilen kompozit parçaların mekanik davranışını doğrudan etkilemektedir (Ning vd., 2015).

Eklemeli imalat sürecinde yalnızca kullanılan malzeme türü değil, aynı zamanda üretim parametreleri de kompozit parçaların performansında kritik rol oynamaktadır. Katman yüksekliği, baskı yönü, doluluk oranı, raster açısı, baskı sıcaklığı ve üretim hızı gibi parametreler; iç yapı oluşumunu, katmanlar arası adezyonu ve mekanik dayanımı belirleyen

temel faktörler arasında yer almaktadır (Sood vd., 2010; Popescu vd., 2018). Bu nedenle, fiber takviyeli polimer kompozitlerin eklemeli imalat yöntemiyle başarılı şekilde üretilebilmesi için malzeme özellikleri ile üretim parametrelerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, fiber takviyeli eklemeli imalat kompozitlerinin mekanik performansını artırmaya yönelik farklı yaklaşımlar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda, üretim parametrelerinin optimizasyonu için Taguchi yöntemi, yanıt yüzey metodolojisi (Response Surface Methodology, RSM), yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi tabanlı yöntemler kullanılmaktadır (Ulkir & Akgun, 2024; Özkul vd., 2025). Ayrıca, sürekli fiber takviyeli eklemeli imalat teknolojileri ve hibrit üretim yaklaşımları, geleneksel kısa fiber takviyeli filamentlere alternatif olarak geliştirilmektedir (Dickson vd., 2017; Fang vd., 2024).

Bu çalışmada, eklemeli imalat ile üretilen fiber takviyeli polimer kompozitlerin mekanik performansını etkileyen temel faktörler kapsamlı bir literatür araştırması ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan takviye malzemeleri, polimer matris sistemleri, üretim parametrelerinin etkileri ve mekanik özelliklerin geliştirilmesine yönelik güncel yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, gelecekteki araştırma eğilimleri kapsamında sürdürülebilir malzemeler, yapay zekâ destekli optimizasyon yöntemleri ve gelişmiş kompozit üretim stratejileri ele alınarak eklemeli imalat kompozitlerinin gelecekteki gelişim yönü tartışılmıştır.

Eklemeli İmalatta Kullanılan Fiber Takviyeli Polimer Kompozit Malzemeler

Eklemeli imalat teknolojilerinde kullanılan polimer esaslı kompozit malzemeler, düşük yoğunluk, tasarım esnekliği ve üretim kolaylığı gibi avantajları nedeniyle geleneksel metalik malzemelere alternatif olarak değerlendirilmektedir (Gibson vd., 2021). Ancak saf polimerlerin mekanik özelliklerinin mühendislik uygulamalarındaki beklentileri karşılamada yetersiz kalması, fiber takviyeli kompozit yapıların geliştirilmesini gerekli hale getirmiştir. Fiber takviyeler, polimer matris içerisinde yük taşıma görevini üstlenerek malzemenin dayanımını, rijitliğini ve termal kararlılığını artırmaktadır (Ning vd., 2015).

Eklemeli imalat süreçlerinde kullanılan fiber takviyeli polimer kompozitler genel olarak kısa fiber takviyeli kompozitler, sürekli fiber takviyeli kompozitler ve doğal fiber takviyeli kompozitler olmak üzere üç temel grupta incelenmektedir (Gupta vd., 2025). Kullanılan fiber türü, fiber geometrisi, takviye oranı ve matris malzemesi, elde edilen mekanik özellikler üzerinde belirleyici olmaktadır.

Karbon Fiber Takviyeli Polimer Kompozitler

Karbon fiber takviyeli polimer kompozitler, yüksek mukavemet/ağırlık oranı, yüksek elastisite modülü ve üstün yorulma dayanımı nedeniyle eklemeli imalat uygulamalarında en fazla araştırılan kompozit malzeme gruplarından biridir (Tekinalp vd., 2014). Özellikle havacılık, otomotiv ve robotik sistemlerde kullanılan hafif ve yüksek performanslı parçaların üretiminde önemli avantajlar sağlamaktadır.

FDM teknolojisinde karbon fiber genellikle PLA, ABS, PETG ve poliamid (PA) esaslı filamentlere kısa fiber formunda ilave edilmektedir. Karbon fiber ilavesi, polimer matrisin rijitliğini artırarak çekme dayanımı ve boyutsal kararlılık üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır (Ning vd., 2015). Bununla birlikte, yüksek fiber oranlarının filament akış özelliklerini olumsuz etkileyebilmesi ve nozul aşınmasına neden olabilmesi önemli tasarım kriterleri arasında yer almaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalar, karbon fiber takviyeli filamentlerde mekanik performansın yalnızca fiber miktarına bağlı olmadığını, aynı zamanda fiber yönlenmesi ve katmanlar arası bağlanma kalitesinden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir (Tekinalp vd., 2014). Baskı yönünün fiber doğrultusu ile uyumlu olması durumunda yük taşıma kapasitesinde önemli

artışlar elde edilirken, katmanlar arası zayıf bağlanma kompozit parçaların kırılma davranışını sınırlayan temel faktörlerden biri olmaktadır (Ning vd., 2015).

Cam Fiber Takviyeli Polimer Kompozitler

Cam fiber takviyeli polimer kompozitler, düşük maliyetleri, yüksek çekme dayanımları ve iyi termal özellikleri nedeniyle eklemeli imalat uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang vd., 2017). Karbon fiber ile karşılaştırıldığında daha düşük özgül mekanik özelliklere sahip olmalarına rağmen ekonomik avantajları nedeniyle endüstriyel uygulamalarda önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Cam fiber takviyesi özellikle ABS, PETG ve poliamid esaslı filamentlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fiber ilavesi, malzemenin elastisite modülünü artırırken termal genleşmeyi azaltarak baskı sırasında oluşabilecek deformasyonların kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır (Wang vd., 2017).

Bununla birlikte, cam fiber takviyeli filamentlerde fiberlerin baskı sırasında akış yönünde hizalanması, mekanik özelliklerde yön bağımlılığı oluşturmaktadır. Bu nedenle baskı parametrelerinin optimize edilmesi, kompozit parçaların homojen ve tekrarlanabilir mekanik özelliklere sahip olması açısından büyük önem taşımaktadır (Popescu vd., 2018).

Doğal Fiber Takviyeli Polimer Kompozitler

Sürdürülebilir üretim yaklaşımlarının önem kazanmasıyla birlikte doğal fiber takviyeli polimer kompozitler, eklemeli imalat alanında giderek daha fazla araştırılmaktadır. Keten, kenevir, bambu, selüloz ve odun esaslı fiberler; düşük yoğunlukları, yenilenebilir kaynaklardan elde edilmeleri ve çevresel avantajları nedeniyle dikkat çekmektedir (Le Duigou vd., 2020; Korger vd., 2021).

Doğal fiberlerin polimer matrislere eklenmesi, mekanik özelliklerin geliştirilmesinin yanı sıra biyolojik olarak daha sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak doğal fiberlerin nem alma eğilimi, matris ile zayıf ara yüzey bağları oluşturabilmesi ve yüksek sıcaklıklara karşı sınırlı dayanımı, kullanım alanlarını kısıtlayan temel faktörlerdir (Korger vd., 2021).

Bu nedenle güncel araştırmalar, doğal fiberlerin yüzey modifikasyonu, hibrit fiber kullanımı ve uygun polimer matris seçimi üzerine yoğunlaşmaktadır. Özellikle PLA gibi biyobazlı polimerlerle doğal fiberlerin kombinasyonu, çevreci eklemeli imalat uygulamaları açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır (Le Duigou vd., 2020; Ulkir vd., 2025).

Sürekli Fiber Takviyeli Kompozitler

Son yıllarda eklemeli imalat teknolojilerinde sürekli fiber takviyeli kompozit üretimi önemli gelişmeler göstermiştir (Dickson vd., 2017). Sürekli karbon fiber veya cam fiber kullanımı, kısa fiber takviyeli kompozitlere kıyasla çok daha yüksek mekanik performans sağlamaktadır.

Sürekli fiber takviyeli üretim yöntemlerinde fiberlerin yük taşıma doğrultusunda konumlandırılabilmesi, özellikle çekme ve eğilme dayanımı açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Fang vd., 2024). Bu teknoloji, havacılık ve savunma sanayii gibi yüksek performans gerektiren uygulamalarda kullanılabilecek parçaların üretimine olanak sağlamaktadır.

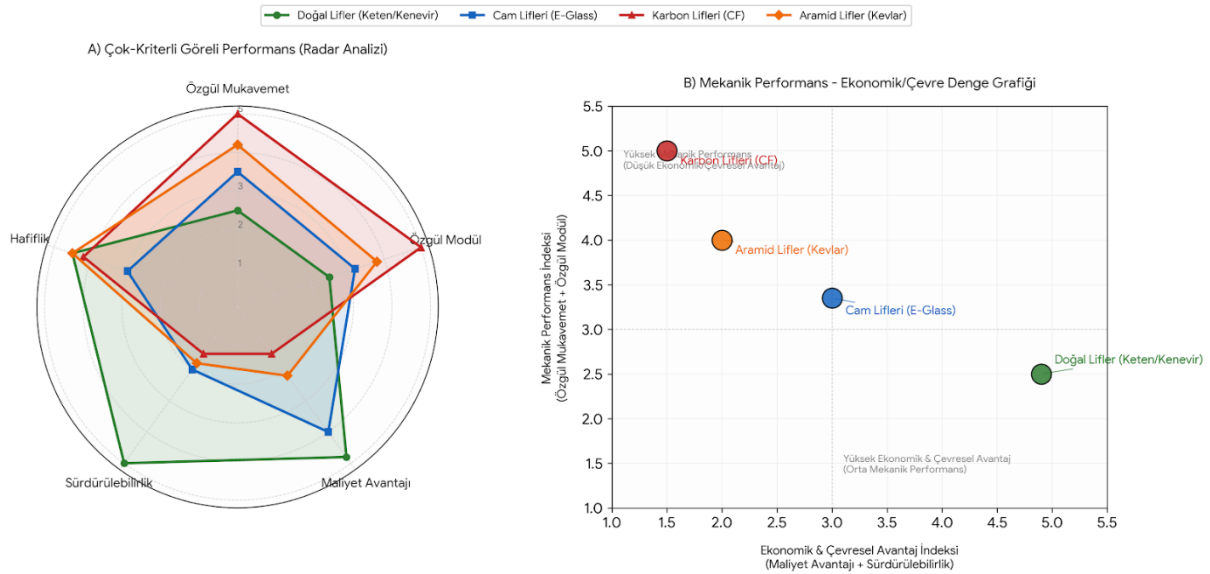
Ancak sürekli fiber takviyeli eklemeli imalat yöntemlerinde üretim maliyetinin yüksek olması, proses kontrolünün karmaşık olması ve tasarım özgürlüğünün sınırlı kalabilmesi halen çözülmesi gereken önemli konular arasında yer almaktadır (Thomas & Sakhaei, 2026).

Bu literatür değerlendirmesi göstermektedir ki fiber takviyeli polimer kompozitler, eklemeli imalat teknolojilerinin mekanik sınırlamalarını azaltmada önemli bir rol oynamaktadır.

Eklemeli imalatatta kullanılan başlıca fiber türleri, uyumlu polimer matrisler, mekanik performansa etkileri ve kullanım alanları **Tablo 1**'de özetlenmiştir. Ayrıca, farklı fiber türlerinin özgül mukavemet, modül, maliyet ve sürdürülebilirlik gibi kriterler açısından göreceli karşılaştırması **Şekil 1**'de şematik olarak gösterilmektedir. Karbon fiber yüksek performans gerektiren uygulamalarda, cam fiber ekonomik çözümlerde, doğal fiberler ise sürdürülebilir üretim yaklaşımlarında öne çıkarken; sürekli fiber teknolojileri geleceğin yüksek dayanımlı eklemeli imalat çözümleri arasında değerlendirilmektedir (Gupta vd., 2025).

Tablo 1. Eklemeli İmalatta Kullanılan Fiber Takviyeli Polimer Kompozitlerin Genel Özellikleri

Fiber Türü	Kullanılan Polimer Matrisler	Avantajları	Mekanik Performansa Etkisi	Kullanım Alanları
Karbon Fiber	PLA, ABS, PETG, PA	Yüksek rijitlik, düşük yoğunluk, yüksek dayanım/ağırlık oranı	Çekme dayanımı ve elastisite modülünde önemli artış sağlar	Havacılık, otomotiv, robotik
Cam Fiber	ABS, PETG, PA	Düşük maliyet, iyi termal kararlılık	Rijitlik ve boyutsal kararlılığı artırır	Endüstriyel parçalar, aparat üretimi
Aramid Fiber	PA, yüksek performanslı polimerler	Yüksek darbe dayanımı, düşük ağırlık	Yorulma ve darbe performansını geliştirir	Savunma, özel mühendislik uygulamaları
Doğal Fiber (Keten, Kenevir, Bambu vb.)	PLA, biyobazlı polimerler	Yenilenebilir, düşük yoğunluk, çevreci yapı	Mekanik özellikleri iyileştirirken sürdürülebilirlik sağlar	Yeşil üretim, düşük yük uygulamaları
Sürekli Fiber	Termoplastik matrisler	Yüksek yük taşıma kapasitesi	Çekme ve eğilme dayanımında büyük artış sağlar	Havacılık, yüksek performanslı parçalar



Şekil 1. Fiber Türlerine Göre Göreceli Mekanik ve Ekonomik Performans Karşılaştırması

Not: Şekil, literatürde sıklıkla vurgulanan göreceli eğilimleri (Tekinalp vd., 2014; Wang vd., 2017; Le Duigou vd., 2020) özetleyen niteliksel/şematik bir karşılaştırmadır; belirli bir deneysel veri setinden alınmamıştır.

Fiber Takviyeli Eklemeli İmalat Kompozitlerinde Mekanik Performansı Etkileyen Üretim Parametreleri

Fiber takviyeli polimer kompozitlerin eklemeli imalat yöntemiyle üretiminde, kullanılan malzeme bileşimi kadar üretim parametreleri de nihai mekanik performans üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. FDM tabanlı üretim süreçlerinde parçanın iç yapısı, katmanlar arası bağlanma mekanizması ve fiber yönlenmesi; baskı parametrelerinin kontrolü ile doğrudan ilişkilidir (Chacón vd., 2017). Bu nedenle yüksek mekanik performansa sahip kompozit parçaların üretilebilmesi için malzeme özellikleri ile proses parametrelerinin birlikte optimize edilmesi gerekmektedir.

Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar, özellikle katman yüksekliği, baskı yönü, raster açısı, doluluk oranı, baskı sıcaklığı ve üretim hızı gibi parametrelerin fiber takviyeli kompozitlerin çekme, eğilme, darbe ve yorulma davranışları üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu göstermektedir (Popescu vd., 2018; Sood vd., 2010).

Katman Yüksekliğinin Etkisi

Katman yüksekliği, FDM üretiminde yüzey kalitesi, üretim süresi ve mekanik özellikleri etkileyen temel parametrelerden biridir. Daha düşük katman yüksekliği, katmanlar arasındaki temas alanını artırarak daha iyi füzyon ve daha homojen bir yapı oluşmasını sağlamaktadır (Sood vd., 2010). Bu durum özellikle katmanlar arası mukavemetin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Bununla birlikte, düşük katman yüksekliği üretim süresini artırırken, yüksek katman yüksekliği üretim hızını artırmaya rağmen katmanlar arasında boşluk oluşumu ve zayıf bağlanma riskini yükseltebilmektedir. Fiber takviyeli kompozitlerde bu durum daha kritik hale gelmektedir çünkü fiberlerin yönlenmesi ve matris içerisindeki dağılımı, katman kalitesi ile doğrudan ilişkilidir (Chacón vd., 2017).

Baskı Yönünün Mekanik Özelliklere Etkisi

FDM yöntemiyle üretilen parçalar doğası gereği anizotropik davranış göstermektedir. Bunun temel nedeni, üretim sırasında malzemenin belirli yönlerde katmanlar halinde biriktirilmesi ve katmanlar arasında tam homojen bir bağ oluşmamasıdır (Chacón vd., 2017).

Fiber takviyeli kompozitlerde baskı yönü, yük taşıma doğrultusu ile doğrudan ilişkilidir. Fiberlerin uygulanan yük yönünde hizalanması durumunda çekme ve eğilme dayanımında önemli artışlar elde edilebilmektedir. Buna karşılık, yük yönüne dik yerleştirilen fiberler veya katmanlar arası zayıf bağlanma, erken hasar oluşumuna neden olabilmektedir (Tekinalp vd., 2014).

Bu nedenle özellikle mühendislik uygulamalarında parça tasarımı ile üretim yönünün birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

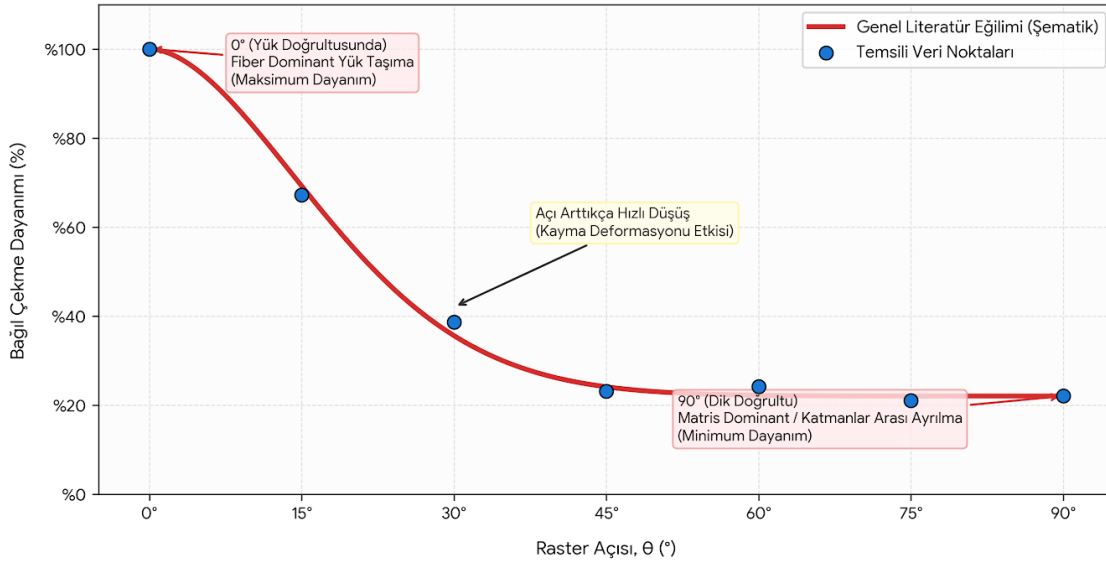
Raster Açısı ve Fiber Yönlenmesi

Raster açısı, FDM üretiminde filament yollarının parça içerisindeki yönelimini ifade etmektedir. Bu parametre, özellikle sürekli fiber takviyeli kompozitlerde mekanik performansı belirleyen kritik faktörlerden biridir (Fang vd., 2024).

Genellikle $\pm 45^\circ$, $0^\circ/90^\circ$ ve 0° gibi farklı raster yönelimleri kullanılmaktadır. Raster açısının yük doğrultusundan uzaklaşmasıyla birlikte çekme dayanımında meydana gelen düşüş Şekil 2’de şematik olarak gösterilmektedir. Fiberlerin yük doğrultusunda hizalandığı (0°) durumlarda daha

yüksek çekme dayanımı elde edilirken, açı arttıkça ve çapraz yönelimlere geçildikçe kayma deformasyonları nedeniyle daha düşük mekanik özellikler görülmektedir (Ning vd., 2015; Fang vd., 2024).

Fiber takviyeli kompozitlerde optimum raster düzeninin belirlenmesi, malzeme israfını azaltırken mekanik performansın artırılmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 2. Raster Açısının Bağıl Çekme Dayanımına Etkisi

Not: Eğri, raster açısı arttıkça (yük doğrultusundan sapıldıkça) çekme dayanımının azaldığına ilişkin literatürde yaygın olarak bildirilen genel eğilimi (Ning vd., 2015; Fang vd., 2024) şematik olarak yansıtmaktadır.

Doluluk Oranının Etkisi

Doluluk oranı, üretilen parçanın iç yapısındaki malzeme miktarını ifade eden önemli bir parametredir. Artan doluluk oranı genellikle daha yüksek yoğunluk, daha düşük boşluk oranı ve daha yüksek mekanik dayanım sağlamaktadır (Popescu vd., 2018).

Özellikle karbon fiber ve cam fiber takviyeli filamentlerde yüksek doluluk oranları, fiberlerin daha etkin şekilde yük taşımasına olanak sağlamaktadır. Ancak doluluk oranının artırılması üretim süresini ve malzeme tüketimini yükselttiği için optimum seviyenin belirlenmesi gerekmektedir.

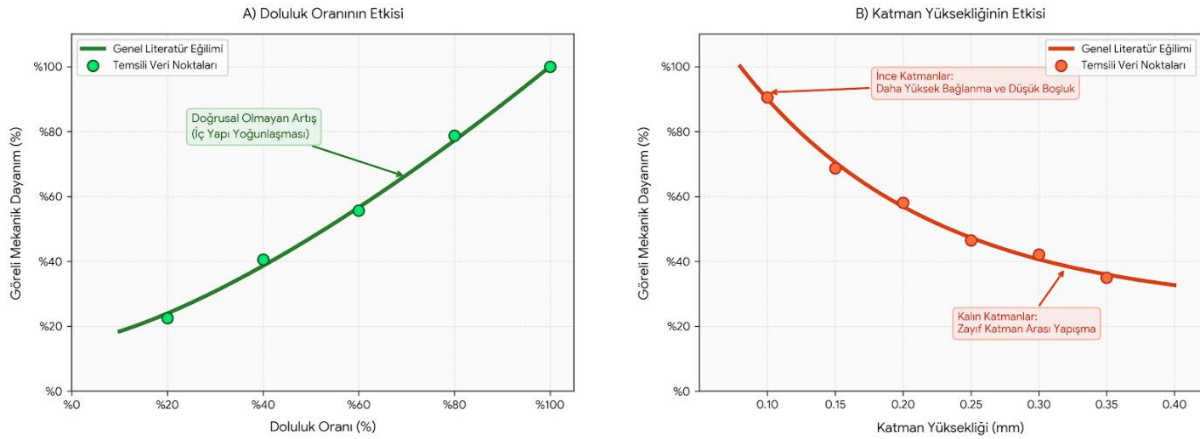
Bu nedenle son yıllarda yalnızca maksimum dayanımı hedefleyen yaklaşımlar yerine, dayanım/ağırlık oranını ve enerji tüketimini birlikte optimize eden çok amaçlı yaklaşımlar önem kazanmıştır (Özkul vd., 2025).

Baskı Sıcaklığı ve Üretim Hızının Etkisi

Baskı sıcaklığı, polimer zincirlerinin hareketliliğini ve katmanlar arası difüzyonu etkileyen önemli bir proses parametresidir. Uygun sıcaklık değerleri, katmanlar arasında daha güçlü bağ oluşmasını sağlayarak mekanik performansı artırmaktadır (Chacón vd., 2017).

Düşük baskı sıcaklıklarında yetersiz erime nedeniyle katmanlar arası bağ zayıflarken, aşırı yüksek sıcaklıklarda ise malzeme bozunması veya geometrik deformasyonlar meydana gelebilmektedir.

Benzer şekilde üretim hızı da malzemenin soğuma davranışını ve katmanlar arası birleşme kalitesini etkilemektedir. Çok yüksek baskı hızları, yeterli ısı transferi gerçekleşmeden yeni katmanların oluşturulmasına neden olarak mekanik özellikleri olumsuz etkileyebilmektedir (Popescu vd., 2018). Eklemeli imalat süreçlerinde incelenen temel üretim parametrelerinin mekanik performans üzerindeki genel etkileri ve ilgili kaynaklar **Tablo 2**'de toplu olarak sunulmuştur. Ayrıca doluluk oranı ve katman yüksekliğinin mekanik dayanım üzerindeki birleşik etkileri **Şekil 3**'te şematik olarak özetlenmiştir.



Şekil 3. Doluluk oranı ve katman yüksekliğinin mekanik dayanıma etkisi (A: Doluluk oranının etkisi, B: Katman yüksekliğinin etkisi).

Not: Grafik, doluluk oranı arttıkça mekanik dayanımın yükseldiği, katman yüksekliği arttıkça ise genellikle azaldığı yönündeki genel literatür eğilimini (Sood vd., 2010; Popescu vd., 2018) şematik olarak özetlemektedir.

Tablo 2. Üretim Parametrelerinin Fiber Takviyeli Eklemeli İmalat Kompozitlerinin Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Üretim Parametresi	Artışın Genel Etkisi	Mekanik Performansla İlişkisi	İlgili Kaynaklar
Katman Yüksekliği	Katmanlar arası temas alanını azaltır, üretim hızını artırır	Düşük değerlerde daha iyi füzyon ve daha yüksek katmanlar arası mukavemet	Sood vd. (2010); Chacón vd. (2017)
Baskı Yönü / Fiber Doğrultusu	Yük doğrultusuyla uyum arttıkça dayanım artar	Fiberlerin yük yönüyle hizalanması çekme ve eğilme dayanımını yükseltir	Tekinalp vd. (2014); Chacón vd. (2017)
Raster Açısı	0°'den 90°'ye gidildikçe dayanım azalır	Yük doğrultusundan sapma, çekme dayanımını düşürür	Ning vd. (2015); Fang vd. (2024)
Doluluk Oranı	Artışla birlikte yoğunluk ve dayanım artar	Yüksek doluluk oranı fiberlerin etkin yük taşımasını sağlar	Popescu vd. (2018)
Baskı Sıcaklığı	Uygun aralıkta katmanlar arası difüzyonu iyileştirir	Çok düşük veya çok yüksek değerler mekanik performansı olumsuz etkiler	Chacón vd. (2017)
Üretim Hızı	Artışla birlikte ısı transfer süresi azalır	Aşırı yüksek hızlar katmanlar arası birleşme kalitesini düşürür	Popescu vd. (2018)

Parametre Optimizasyonu Yaklaşımları

Fiber takviyeli eklemeli imalat kompozitlerinde çok sayıda üretim parametresinin bulunması, optimum üretim koşullarının belirlenmesini karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle deney sayısını azaltmak ve en etkili parametreleri belirlemek amacıyla istatistiksel ve yapay zekâ tabanlı optimizasyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Taguchi deney tasarımı yöntemi, sınırlı sayıda deney ile optimum parametre kombinasyonlarının belirlenmesine olanak sağlaması nedeniyle eklemeli imalat çalışmalarında sık kullanılan yöntemlerden biridir (Sood vd., 2010). Ayrıca varyans analizi (ANOVA), mekanik performans üzerindeki etkili parametrelerin belirlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda makine öğrenmesi algoritmaları da eklemeli imalat süreçlerinin modellenmesi ve optimizasyonunda önemli bir yer edinmiştir. Yapay sinir ağları (ANN), destek vektör makineleri (SVM), rastgele orman (RF), XGBoost ve diğer topluluk öğrenme yöntemleri; çekme dayanımı, yüzey pürüzlülüğü, enerji tüketimi ve boyutsal doğruluk gibi çıktıların tahmin edilmesinde başarılı sonuçlar vermektedir (Özkul vd., 2025; Ulkir & Akgun, 2024; Zhang vd., 2022).

Son yıllarda makine öğrenmesi algoritmaları da eklemeli imalat süreçlerinin modellenmesi ve optimizasyonunda önemli bir yer edinmiştir. Yapay sinir ağları (ANN), destek vektör makineleri (SVM), rastgele orman (RF), XGBoost ve diğer topluluk öğrenme yöntemleri; çekme dayanımı, yüzey pürüzlülüğü, enerji tüketimi ve boyutsal doğruluk gibi çıktıların tahmin edilmesinde başarılı sonuçlar vermektedir (Özkul vd., 2025; Ulkir & Akgun, 2024; Zhang vd., 2022). Eklemeli imalat süreçlerinin iyileştirilmesinde kullanılan başlıca deneysel, istatistiksel ve yapay zekâ tabanlı optimizasyon yaklaşımlarının temel prensipleri, avantajları ve sınırlılıkları **Tablo 3**'te karşılaştırılmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, fiber takviyeli polimer kompozitlerin eklemeli imalat yöntemiyle başarılı şekilde üretilebilmesi yalnızca yüksek performanslı malzeme seçimine bağlı değildir. Fiber türü, matris özellikleri ve üretim parametreleri arasında optimum bir dengenin kurulması gerekmektedir. Bu nedenle gelecekteki çalışmaların, deneysel yöntemlerin yanı sıra yapay zekâ destekli tahmin ve optimizasyon yaklaşımlarına daha fazla odaklanması beklenmektedir (Ulkir vd., 2025; Ulkir & Ersoy, 2025).

Tablo 3. Eklemeli İmalat Süreçlerinde Kullanılan Başlıca Optimizasyon Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Yöntem	Temel Prensip	Avantajları	Sınırlılıkları	Örnek Kaynaklar
Taguchi Deney Tasarımı	Ortogonal diziler ile sınırlı sayıda deneyle parametre etkilerinin belirlenmesi	Az sayıda deneyle etkili sonuç, düşük maliyet	Yalnızca tanımlanan seviyelerde değerlendirme yapar, doğrusal olmayan ilişkileri sınırlı yakalar	Sood vd. (2010)
Yanıt Yüzey Metodolojisi (RSM)	İstatistiksel model ile parametreler arası etkileşimlerin modellenmesi	Parametreler arası etkileşimi ortaya koyar	Çok sayıda deney gerektirebilir	Popescu vd. (2018)
Yapay Sinir Ağları (ANN)	Doğrusal olmayan ilişkilerin çok katmanlı ağlarla öğrenilmesi	Karmaşık ilişkileri yüksek doğrulukla modelleyebilir	Büyük veri seti ihtiyacı, düşük yorumlanabilirlik	Ulkir & Akgun (2024); Ulkir vd. (2025)

Yöntem	Temel Prensiip	Avantajları	Sınırlılıkları	Örnek Kaynaklar
Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)	Belirsizlik içeren ilişkilerin kural tabanlı modellenmesi	Az veriyle çalışabilir, yorumlanabilir kurallar sunar	Kural setinin uzman bilgisiyle oluşturulması gerekir	Ulkir & Akgun (2024)
Makine Öğrenmesi (RF, SVM, XGBoost vb.)	Topluluk/çekirdek tabanlı algoritmalarla tahmin ve sınıflandırma	Yüksek tahmin doğruluğu, çoklu çıktı tahmini	Aşırı öğrenme riski, hesaplama maliyeti	Özkul vd. (2025); Zhang vd. (2022)

Eklemeli İmalat Kompozitlerinde Mekanik Performansı Artırmaya Yönelik Güncel Yaklaşımlar ve Gelecek Eğilimleri

Eklemeli imalat teknolojilerinde fiber takviyeli polimer kompozitlerin kullanımı, geleneksel polimer malzemelerin mekanik sınırlamalarının aşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bununla birlikte, yüksek performanslı mühendislik uygulamalarında kullanılabilmesi için yalnızca fiber takviyesi yeterli olmamakta; malzeme tasarımı, üretim teknolojileri ve proses kontrol yöntemlerinin birlikte geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda son yıllarda sürekli fiber takviyeli yapılar, hibrit kompozit sistemler, nano takviyeli malzemeler, sürdürülebilir kompozitler ve yapay zekâ destekli optimizasyon yaklaşımları ön plana çıkmaktadır (Gupta vd., 2025; Thomas & Sakhaei, 2026).

Sürekli Fiber Takviyeli Eklemeli İmalat Teknolojileri

Kısa fiber takviyeli filamentlerin kullanıldığı geleneksel FDM yöntemlerinde mekanik performans, fiber uzunluğu ve yönlenmesi ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle son yıllarda sürekli fiber takviyeli eklemeli imalat teknolojileri, yüksek dayanımlı yapısal parçaların üretimi için önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir (Dickson vd., 2017).

Sürekli karbon fiber, cam fiber ve aramid fiberlerin polimer matris içerisine üretim sırasında yerleştirilmesi, yük taşıma kapasitesinin önemli ölçüde artırılmasını sağlamaktadır. Sürekli fiberlerin belirli yük yolları boyunca yönlendirilebilmesi, özellikle çekme ve eğilme dayanımlarında önemli iyileştirmeler oluşturmaktadır (Fang vd., 2024).

Bu teknoloji, havacılık, otomotiv ve savunma sanayii gibi yüksek mukavemet/ağırlık oranının kritik olduğu alanlarda önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, üretim ekipmanlarının maliyetinin yüksek olması, proses kontrolünün karmaşıklığı ve tasarım parametrelerinin fazla olması, yaygın kullanımın önündeki temel sınırlamalar arasında yer almaktadır (Thomas & Sakhaei, 2026).

Hibrit Fiber Takviyeli Kompozit Sistemler

Son dönem araştırmalarında tek bir fiber türünün kullanımından ziyade, farklı fiberlerin birlikte kullanıldığı hibrit kompozit sistemlere yönelik çalışmalar artmaktadır (Zhou vd., 2023). Hibrit kompozitlerde farklı fiberlerin üstün özelliklerinden yararlanılarak daha dengeli mekanik performans elde edilmeye çalışılmaktadır.

Örneğin karbon fiberin yüksek rijitlik avantajı ile cam fiberin ekonomik ve darbe dayanımı özelliklerinin birleştirilmesi, performans/maliyet açısından daha uygun malzemelerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Benzer şekilde doğal fiberlerin sentetik fiberlerle hibrit kullanımı, mekanik performans ile sürdürülebilirlik hedeflerini birlikte karşılamaya yönelik önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Korger vd., 2021).

Hibrit kompozitlerde optimum fiber oranının, fiber dağılımının ve üretim parametrelerinin belirlenmesi, gelecekteki araştırmaların önemli konularından biri olacaktır (Zhou vd., 2023).

Nano Takviyeli Polimer Kompozitler

Fiber takviyelerine ek olarak, nano boyutlu takviye malzemelerinin kullanımı eklemeli imalat kompozitlerinde yeni bir geliştirme alanı oluşturmaktadır. Grafen, karbon nanotüp (CNT), nano kil ve çeşitli seramik nanoparçacıklar, düşük miktarlarda kullanıldığında polimer matrisin mekanik, termal ve elektriksel özelliklerini geliştirebilmektedir (Zhang vd., 2022).

Nano takviyeler özellikle polimer-fiber ara yüzeyinin iyileştirilmesi, çatlak ilerlemesinin sınırlandırılması ve yorulma dayanımının artırılması açısından önem taşımaktadır. Ancak nanoparçacıkların homojen dağılımının sağlanması, üretim sırasında topaklanmanın önlenmesi ve maliyet faktörleri halen çözülmesi gereken konular arasındadır.

Sürdürülebilir ve Çevreci Kompozit Yaklaşımlar

Son yıllarda sürdürülebilir üretim anlayışının önem kazanmasıyla birlikte, eklemeli imalatta çevreci kompozit malzemelere yönelik araştırmalar hız kazanmıştır. Petrol esaslı polimerlerin yerine biyobazlı polimerlerin ve doğal fiberlerin kullanılması, üretim süreçlerinin çevresel etkilerinin azaltılması açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Korger vd., 2021).

PLA gibi biyobazlı polimerlerin keten, kenevir, bambu ve selüloz esaslı fiberlerle güçlendirilmesi, hem mekanik performansı geliştirmekte hem de yenilenebilir kaynak kullanımını desteklemektedir (Le Duigou vd., 2020).

Bununla birlikte, sürdürülebilir kompozitlerin uzun süreli dayanımı, nem davranışı, geri dönüşüm süreçleri ve endüstriyel ölçeklenebilirliği gelecekte daha fazla araştırılması gereken konular arasında bulunmaktadır (Korger vd., 2021).

Yapay Zekâ Destekli Tasarım ve Optimizasyon Yaklaşımları

Eklemeli imalat süreçlerinde çok sayıda malzeme ve üretim parametresinin bulunması, optimum üretim koşullarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı yöntemler, son yıllarda kompozit üretim süreçlerinin modellenmesi ve geliştirilmesinde yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Özkul vd., 2025).

Makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde üretim parametreleri ile mekanik özellikler arasındaki karmaşık ilişkiler modellenebilmekte ve deneysel çalışma sayısı azaltılabilmektedir. Yapay sinir ağları (ANN), destek vektör makineleri (SVM), karar ağaçları, rastgele orman ve artırma tabanlı algoritmalar; çekme dayanımı, elastisite modülü, yüzey kalitesi ve enerji tüketimi gibi çıktıların tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Ulkir vd., 2025; Ulkir & Ersoy, 2025).

Bunun yanında açıklanabilir yapay zekâ (Explainable Artificial Intelligence, XAI) yaklaşımları, yalnızca tahmin yapmak yerine hangi parametrelerin performans üzerinde etkili olduğunu ortaya koyarak daha güvenilir üretim kararları alınmasına katkı sağlamaktadır.

Gelecekte dijital ikiz teknolojileri ile yapay zekâ modellerinin birlikte kullanılması sayesinde, eklemeli imalat süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesi ve otomatik olarak optimize edilmesi mümkün olacaktır.

Literatürdeki gelişmeler değerlendirildiğinde, fiber takviyeli polimer kompozitlerin eklemeli imalat uygulamalarında gelecekte daha geniş kullanım alanı bulacağı görülmektedir. Sürekli fiber teknolojileri yüksek mekanik performans sağlarken, hibrit ve nano takviyeli sistemler yeni nesil kompozitlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca sürdürülebilir malzeme yaklaşımları ve yapay zekâ destekli optimizasyon yöntemleri, eklemeli imalat kompozitlerinin daha verimli, ekonomik ve çevreci hale gelmesinde kritik rol oynayacaktır (Gupta vd., 2025; Thomas & Sakhaei, 2026).

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Eklemeli imalat teknolojileri, tasarım özgürlüğü, hızlı prototipleme yeteneği ve düşük malzeme tüketimi gibi avantajları sayesinde günümüzde birçok endüstriyel uygulamada önemli bir üretim yöntemi haline gelmiştir (Gibson vd., 2021). Bununla birlikte, özellikle polimer esaslı eklemeli imalat parçalarının mekanik performansındaki sınırlamalar, yüksek dayanım gerektiren mühendislik uygulamalarında önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Bu kapsamda fiber takviyeli polimer kompozitlerin kullanımı, eklemeli imalatla üretilen parçaların mekanik özelliklerinin geliştirilmesi açısından etkili bir çözüm yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır.

Literatür değerlendirmeleri sonucunda, fiber türü, fiber oranı, fiber yönelmesi ve matris-fiber ara yüzey özelliklerinin kompozit parçaların mekanik davranışı üzerinde belirleyici olduğu görülmektedir (Ning vd., 2015; Tekinalp vd., 2014). Karbon fiber takviyeli kompozitler yüksek rijitlik ve dayanım özellikleri nedeniyle performans odaklı uygulamalarda ön plana çıkarken, cam fiber takviyeli kompozitler daha ekonomik çözümler sunmaktadır. Doğal fiber takviyeli kompozitler ise sürdürülebilir üretim hedefleri doğrultusunda gelecekte daha fazla önem kazanacak alternatif malzemeler arasında değerlendirilmektedir (Le Duigou vd., 2020; Korger vd., 2021).

Eklemeli imalat süreçlerinde mekanik performansın yalnızca kullanılan malzemeye bağlı olmadığı, aynı zamanda üretim parametreleri tarafından önemli ölçüde belirlendiği görülmektedir. Katman yüksekliği, baskı yönü, raster açısı, doluluk oranı, baskı sıcaklığı ve üretim hızı gibi parametreler; katmanlar arası bağlanma, boşluk oluşumu ve fiber yönelmesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Chacón vd., 2017; Popescu vd., 2018). Bu nedenle yüksek performanslı kompozit parçaların üretiminde malzeme tasarımı ile proses optimizasyonunun birlikte ele alınması gerekmektedir.

Son yıllarda Taguchi, yanıt yüzey metodolojisi ve yapay zekâ destekli optimizasyon yöntemlerinin eklemeli imalat süreçlerinde yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir (Sood vd., 2010). Özellikle makine öğrenmesi algoritmaları, deneysel maliyetleri azaltarak üretim parametreleri ile mekanik performans arasındaki karmaşık ilişkilerin modellenmesine olanak sağlamaktadır (Özkul vd., 2025). Bununla birlikte, gelecekte açıklanabilir yapay zekâ yöntemlerinin kullanımıyla yalnızca tahmin doğruluğunun değil, aynı zamanda üretim kararlarının güvenilirliğinin de artırılması beklenmektedir.

Gelecekteki araştırmaların, kısa fiber takviyeli kompozitlerin geliştirilmesinin yanı sıra sürekli fiber takviyeli üretim teknolojilerine, hibrit kompozit sistemlere ve nano takviyeli polimer yapılara yönelmesi öngörülmektedir (Dickson vd., 2017; Zhou vd., 2023). Ayrıca sürdürülebilir üretim hedefleri doğrultusunda geri dönüştürülebilir polimerlerin, biyobazlı malzemelerin ve doğal fiberlerin eklemeli imalat süreçlerine entegrasyonu önemli araştırma alanlarından biri olacaktır (Korger vd., 2021).

Bununla birlikte, fiber takviyeli eklemeli imalat kompozitlerinin endüstriyel ölçekte yaygınlaşabilmesi için bazı problemlerin çözülmesi gerekmektedir. Fiber-matris ara yüzey bağının geliştirilmesi, üretim tekrarlanabilirliğinin artırılması, standart test yöntemlerinin oluşturulması ve uzun süreli mekanik davranışların daha kapsamlı incelenmesi gelecekteki çalışmaların öncelikli konuları arasında yer almaktadır (Gupta vd., 2025; Thomas & Sakhaei, 2026).

Sonuç olarak, fiber takviyeli polimer kompozitler, eklemeli imalat teknolojilerinin mekanik sınırlamalarını aşmada önemli bir potansiyele sahiptir. Malzeme bilimi, proses optimizasyonu ve yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmelerin birlikte değerlendirilmesiyle, daha hafif, dayanıklı, sürdürülebilir ve akıllı üretim sistemlerinin geliştirilmesi mümkün olacaktır.

Kaynakça

- Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., & Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. *Materials & Design*, 124, 143–157. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.03.065>
- Dickson, A. N., Barry, J. N., McDonnell, K. A., & Dowling, D. P. (2017). Fabrication of continuous carbon, glass and Kevlar fibre reinforced polymer composites using additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 16, 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.06.010>
- Fang, G., Zhang, T., Huang, Y., Zhang, Z., Masania, K., & Wang, C. C. L. (2024). Exceptional mechanical performance by spatial printing with continuous fiber: Curved slicing, toolpath generation and physical verification. *Additive Manufacturing*, 82, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2024.104048>
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing* (3rd ed.). Springer.
- Gupta, V., Bankapalli, N. K., Saxena, P., Bajpai, A., & Ruan, D. (2025). Additive manufacturing of fiber-reinforced polymer matrix composites through material extrusion: A comprehensive review on filament fabrication, printing, testing methods, applications, and challenges. *Advanced Engineering Materials*, e202500676. <https://doi.org/10.1002/adem.202500676>
- Korger, M., Monib, M., & Scholl, S. (2021). Additive manufacturing of sustainable fiber-reinforced polymer composites. *Materials Today Sustainability*, 15, 100087.
- Le Duigou, A., Barbé, A., Guillou, E., & Castro, M. (2020). 3D printing of continuous flax fiber reinforced biocomposites: A review. *Materials & Design*, 192, 108701.
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- Ning, F., Cong, W., Qiu, J., Wei, J., & Wang, S. (2015). Additive manufacturing of carbon fiber reinforced plastic composites: The effect of fiber content on mechanical properties. *Composites Part B: Engineering*, 80, 369–378. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.06.034>
- Özkul, M., Kuncan, F., & Ulkir, O. (2025). Predicting mechanical properties of FDM-produced parts using machine learning approaches. *Journal of Applied Polymer Science*, 142, e56899. <https://doi.org/10.1002/app.56899>
- Popescu, D., Zapciu, A., Amza, C., Baci, F., & Marinescu, R. (2018). FDM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review. *Polymer Testing*, 69, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.020>
- Sood, A. K., Ohdar, R. K., & Mahapatra, S. S. (2010). Parametric appraisal of mechanical property of fused deposition modelling processed parts. *Materials & Design*, 31(1), 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.06.016>
- Tekinalp, H. L., Kunc, V., Velez-Garcia, G. M., Duty, C. E., Love, L. J., Naskar, A. K., Blue, C. A., & Ozcan, S. (2014). Highly oriented carbon fiber–polymer composites via additive manufacturing. *Composites Science and Technology*, 105, 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2014.10.009>

- Thomas, C., & Sakhaei, A. H. (2026). Additive manufacturing of continuous fibre reinforced composites: Process, characterisation, modelling, and sustainability. *Advanced Engineering Materials*, e202503048. <https://doi.org/10.1002/adem.202503048>
- Ulkir, O., & Akgun, G. (2024). Prediction of flexural strength with fuzzy logic approach for fused deposition modeling of polyethylene terephthalate glycol components. *Journal of Materials Engineering and Performance*. <https://doi.org/10.1007/s11665-024-09291-z>
- Ulkir, O., Akgun, G., & Karadag, A. (2025). Mechanical behavior prediction of 3D-printed PLA/wood composites using artificial neural network and fuzzy logic. *Polymers for Advanced Technologies*, 36, e70103. <https://doi.org/10.1002/pat.70103>
- Ulkir, O., & Ersoy, S. (2025). Hybrid experimental–machine learning study on the mechanical behavior of polymer composite structures fabricated via FDM. *Polymers*, 17(15), 2012. <https://doi.org/10.3390/polym17152012>
- Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J., & Hui, D. (2017). 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, 110, 442–458. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>
- Zhang, Y., Li, Y., & Wang, S. (2022). Mechanical properties and optimization of fiber-reinforced polymer composites fabricated by fused deposition modeling: A review. *Polymers*, 14(18), 3841.
- Zhou, Y., Wu, Y., Zhang, Y., & He, J. (2023). Recent advances in additive manufacturing of fiber reinforced polymer composites: Processing, properties and applications. *Composites Part B: Engineering*, 250, 110425.

SUSTAINABLE DIGITAL IMAGING RGB COLORIMETRIC AND VISIBLE SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR THE DETERMINATION OF GALANTAMINE HYDROBROMIDE IN PHARMACEUTICALS AND SPIKED HUMAN URINE

Neha K M

PG Department of Chemistry, JSS College of Arts, Commerce and Science (A Research Centre Recognized by University of Mysore), Mysuru-570 025, Karnataka, India

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-6070-5796>

Rajendraprasad N

PG Department of Chemistry, JSS College of Arts, Commerce and Science (A Research Centre Recognized by University of Mysore), Mysuru-570 025, Karnataka, India

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7746-6939>

ABSTRACT

A simple, rapid and cost-effective approach is established for the quantification of galantamine hydrobromide (GHB) by combining visible spectrophotometry with smartphone-assisted digital image RGB colorimetry employing the PhotoMetrix Pro (PMPro) application. The methods of GHB assay are based on the oxidation of GHB by potassium permanganate (KMnO₄) under acidic and alkaline conditions. In acidic medium, the residual permanganate is quantified at 540 nm by visible spectrophotometry (Method A), while the corresponding colour change is evaluated through RGB image processing using the PMPro application (Method B). Under alkaline conditions, oxidation generated a bluish-green manganate ion (MnO₄²⁻), which is monitored at 610 nm by visible spectrophotometry (Method C) and also by smartphone-based RGB imaging and measurements (Method D) using the PMPro application on a mobile phone device. The experimental variables affecting the reaction are systematically optimized to achieve the maximum analytical performance. The methods exhibited excellent linearity within the concentration ranges of 5.0–25.0 µg mL⁻¹ (Methods A and B) and 1.25–11.25 µg mL⁻¹ (Methods C and D) with acceptable limits of detection and quantification. Validation studies, performed according to the ICH guidelines, confirmed good precision, accuracy, robustness and recovery. No significant difference in analytical performance was found in statistical comparison with a reported reference method. The developed methods are successfully applied for the determination of GHB in commercial tablets and spiked human urine samples with satisfactory recoveries and insignificant matrix interference.

Keywords: galantamine; oxidation; visible spectrophotometry; Photometrix Pro; spiked human urine

**DEVELOPMENT OF A SCALE TO MEASURE PRONE TO MEDICAL ERRORS
AMONG PARAMEDIC STUDENTS**

**PARAMEDİK ÖĞRENCİLERİNDE TIBBİ HATAYA EĞİLİM ÖLÇEĞİ
GELİŞTİRME ÇALIŞMASI**

Merve EKİNCİ

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, TR
ORCID ID: 0000-0003-2481-6605

Hasan YEŞİLAĞAÇ

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, TR
ORCID ID: 0000-0002-1365-9256

Özlem KARAGÜN

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, TR
ORCID ID: 0000-0003-0681-8375

Veyis TAŞIN

Başkent Üniversitesi Adana Uygulama ve Araştırma Merkezi: Adana, TR
ORCID ID: 0000-0002-0297-0452

Göksu AKBULUT

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, TR
ORCID ID: 0009-0001-8235-3971

Aslı ASLAN

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, TR
ORCID ID: 0009-0005-7266-2606

Ayşe YAVUZ DERMAN

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi/Biyostatistik Anabilim Dalı
ORCID ID: 0009-0001-3433-0177

ÖZET

Giriş ve Amaç: Acil sağlık hizmetleri, doğası gereği tıbbi hatalara açık ve yüksek riskli bir alandır. Paramediklerin henüz eğitim aşamasındayken hata eğilimlerinin belirlenmesi, hasta güvenliği kültürünün akademik temellerini oluşturmak açısından hayatidir. Bu çalışma, paramedik öğrencileri için özgün, geçerli ve güvenilir bir tıbbi hataya eğilim ölçeği geliştirmeyi ve uzman görüşleri doğrultusunda yapısal formunu nihai hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Metodolojik tipteki bu çalışma, Türkiye'deki İlk ve Acil Yardım programlarında öğrenim gören 307 öğrenci ile yürütülmüştür. Ölçek geliştirme sürecinde başlangıçta 5

uzmandan görüş alınarak kapsam geçerliği sağlanmış ve 32 maddelik taslak form oluşturulmuştur. Verilerin analizinde SPSS 25.0 ve AMOS 25 kullanılmış; madde-toplam korelasyonları, açıklayıcı faktör analizi (AFA) ve Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayıları hesaplanmıştır. Bazı maddelerin teorik kapsamı ve faktör yapıları üzerindeki değerlendirmeler, uzman görüşü süreciyle döngüsel olarak devam etmektedir.

Bulgular: Analizler sonucunda 20 maddelik dört faktörlü bir yapı ("Klinik Uygulama Hazırlığı ve Aseptik Güvenlik", "Ekip İşi, İletişim ve Danışma", "İlaç Uygulaması ve Hasta Doğrulama", "Hasta Değerlendirme ve Kayıt") elde edilmiştir. Ölçeğin toplam Cronbach Alfa değeri 0,884 olarak bulunmuş ve yüksek düzeyde güvenilirlik sergilediği saptanmıştır. KMO değeri 0,895 ile örneklemin "çok iyi" düzeyde yeterli olduğu belirlenmiştir. Ancak, bazı maddelerin birden fazla faktöre yüklenmesi (cross-loading) ve düşük korelasyon gösteren ters kodlanmış maddeler (8, 14, 26. maddeler) nedeniyle, ölçeğin kavramsal netliğini korumak amacıyla yeniden uzman görüşüne başvurulması ve maddelerin bu doğrultuda revize edilmesi kararlaştırılmıştır.

Sonuç ve Öneriler: Mevcut bulgular, PTHEÖ'nün paramedik öğrencilerinin hata eğilimlerini ölçmede güçlü bir psikometrik altyapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, ölçeğin alt boyutlarının ve maddelerinin kavramsal olarak tam ayrışması için uzman görüşleriyle devam eden nitel değerlendirmeler, aracın son formuna ulaşmasını sağlayacaktır. Bu ölçeğin, eğitimciler için doz hesaplama ve kayıt gibi "kör noktaları" görünür kılan etkili bir tarama aracı olması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Paramedik, Tıbbi Hata, Ölçek Geliştirme, Hasta Güvenliği.

ABSTRACT

Introduction and Objective: Emergency healthcare is, by its very nature, a high-risk field prone to medical errors. Identifying paramedics' propensity for errors while they are still in training is vital for laying the academic foundations of a patient safety culture. This study aims to develop a unique, valid, and reliable medical error propensity scale for paramedic students and to finalize its structural form in accordance with expert opinions.

Method: This methodological study was conducted with 307 students enrolled in Emergency Medical Services programs in Turkey. During the scale development process, content validity was ensured by initially seeking input from 5 experts, and a 32-item draft form was created.

SPSS 25.0 and AMOS 25 were used for data analysis; item-total correlations, exploratory factor analysis (EFA), and Cronbach's alpha internal consistency coefficients were calculated. Evaluations of the theoretical scope and factor structures of certain items are continuing in an iterative manner through the expert review process.

Results: The analyses revealed a four-factor structure consisting of 20 items: "Clinical Practice Readiness and Aseptic Safety," "Teamwork, Communication, and Consultation," "Medication Administration and Patient Verification," and "Patient Assessment and Documentation." The scale's overall Cronbach's alpha value was found to be 0.884, indicating a high level of reliability. With a KMO value of 0.895, the sample was determined to be "very good" in terms of adequacy. However, due to cross-loading of some items onto multiple factors and reverse-coded items showing low correlations (items 8, 14, and 26), it was decided to seek expert opinion again and revise the items accordingly to preserve the scale's conceptual clarity.

Conclusions and Recommendations: The current findings indicate that the PTHEÖ possesses a robust psychometric foundation for measuring error tendencies among paramedic students. However, ongoing qualitative evaluations based on expert opinions will ensure the scale's subdimensions and items are conceptually well-distinguished, leading to the tool's final form.

The goal is for this scale to serve as an effective screening tool for educators, highlighting “blind spots” such as dose calculation and documentation.

Keywords: Medical Error, Paramedic, Patient Safety, Scale Development.

**PAIN MANAGEMENT AND NURSING INTEGRATION BY PARAMEDICS IN
PEDIATRIC PATIENTS**

**PARAMEDİKLERİN ÇOCUK HASTALARDA AĞRI YÖNETİMİ VE HEMŞİRELİK
ENTEGRASYONU**

Özlem KARAGÜN

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, TR

ORCID ID: 0000-0003-0681-8375

Merve EKİNCİ

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Adana, Adana, TR

ORCID ID: 0000-0003-2481-6605

Eda SAĞEL

Adana İl Sağlık Müdürlüğü, Acil Sağlık Hizmetleri Başkanlığı, Adana TR,

ORCID ID: 0009-0006-5817-147X

Konca KAYA

Başkent Üniversitesi Adana Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve acil yardım
programı, Fizyoterapi Programı, Adana, TR

ORCID ID: 0000-0002-7991-9604

Caner İNCEKAŞ

Başkent Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, TR

ORCID ID: 0000-0001-9019-423X

ÖZET

Giriş ve Amaç: Çocuklarda ağrı; fizyolojik, psikososyal ve etik boyutları olan bütüncül bir deneyimdir ve paramedikler bu süreçte kritik bir role sahiptir. Bu çalışma, paramediklerin çocuk hastalarda ağrı yönetimi uygulamalarını, karşılaştıkları engelleri ve acil servis hemşireleri ile iş birliği düzeylerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu (Proje no: KA25/417) tarafından onaylanmış tanımlayıcı bir araştırmadır. Veriler, n=158 katılımcıdan (%88,61 112 Acil Sağlık Hizmetleri, %11,39 Hastane Acil Servis) anket yöntemiyle toplanmış ve SPSS programı ile analiz edilmiştir. Veriler, araştırmacı tarafından literatür doğrultusunda geliştirilen ve çocuk hastalarda ağrı yönetimine ilişkin uygulamaları,

tutumları ve paramedik-hemşire iş birliğine yönelik görüşleri değerlendirmeyi amaçlayan yapılandırılmış bir anket formu kullanılmıştır.

Bulgular: Katılımcıların %70,89'u 5 yıl ve üzeri mesleki deneyime sahip olup, %97,47'si daha önce pediatrik bir vakaya müdahale etmiştir. Paramediklerin %59,49'u çocuklarda ağrı düzeyini "her zaman" değerlendirdiğini beyan etse de, %36,94'ünün herhangi bir standart ağrı ölçeği kullanmadığı saptanmıştır. En sık tercih edilen ölçekler Wong-Baker Yüz Skalası (%40,13) ve VAS (%36,94) olmuştur. Ağrı giderici yöntemlerde parasetamol (%64,5) ve non-farmakolojik yöntemler (%55,7) daha sık kullanılırken, opioid kullanımı (%3,1) oldukça düşük kalmıştır. Karar verme sürecini etkileyen en önemli faktörler; zaman baskısı (%67,7) ve ebeveynin onay vermemesi (%58,8) olarak belirlenmiştir. Katılımcıların %94,3'ü hastane öncesi ağrı yönetiminin hemşirelik bakımıyla koordineli yürütülmesini önemli bulmaktadır. İş birliğini geliştirmek için en etkili yöntem olarak %53,9 ile "ortak simülasyon eğitimleri" gösterilmiştir.

Sonuç ve Öneriler: Çalışma, paramediklerin çocuklarda ağrıyı değerlendirme niyetinin yüksek olmasına rağmen, standardize araç kullanımının yetersiz olduğunu ve klinik gözleme dayalı yorumların baskın olduğunu göstermektedir. Bakım sürekliliğinin sağlanması için 112 ve acil servis protokollerinin tek bir "Sürekli Bakım" protokolü olarak birleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, paramedik ve hemşirelerin birlikte katıldığı senaryo tabanlı simülasyon eğitimleri ve ambulanslara entegre edilecek etik karar destek sistemleri, pediatrik ağrı yönetiminin kalitesini artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Paramedik, Çocuklarda Ağrı Yönetimi, Hemşirelik Entegrasyonu, Hastane Öncesi Bakım, Bakım Sürekliliği.

ABSTRACT

Introduction and Objective: Pain in children is a holistic experience with physiological, psychosocial, and ethical dimensions, and paramedics play a critical role in this process. This study aims to evaluate paramedics' pain management practices in pediatric patients, the barriers they encounter, and their level of collaboration with emergency department nurses.

Method: This study is a descriptive research project approved by the Başkent University Research Board of Medicine and Health Sciences and the Ethics Committee (Project No.: KA25/417). Data were collected via a questionnaire from n=158 participants (88.61% from Emergency Medical Services, 11.39% from hospital emergency departments) and analyzed using SPSS. Data were collected using a structured questionnaire developed by the researcher in line with the literature, designed to assess practices and attitudes regarding pain management in pediatric patients, as well as views on paramedic-nurse collaboration.

Results: 70.89% of the participants had 5 years or more of professional experience, and 97.47% had previously treated a pediatric patient. Although 59.49% of paramedics reported that they "always" assessed pain levels in children, it was found that 36.94% did not use any standardized pain scale. The most commonly used scales were the Wong-Baker Face Scale (40.13%) and the VAS (36.94%). In terms of pain relief methods, acetaminophen (64.5%) and non-pharmacological methods (55.7%) were used more frequently, while opioid use (3.1%) remained quite low. The most significant factors influencing the decision-making process were identified as time pressure (67.7%) and lack of parental consent (58.8%). 94.3% of participants considered it important for prehospital pain management to be coordinated with nursing care. "Joint simulation training" was identified as the most effective method for improving collaboration, cited by 53.9% of participants.

Conclusions and Recommendations: The study shows that although paramedics have a high intention to assess pain in children, the use of standardized tools is insufficient, and interpretations based on clinical observation predominate. To ensure continuity of care, it is recommended that 112 and emergency department protocols be consolidated into a single “Continuous Care” protocol. Additionally, scenario-based simulation training involving both paramedics and nurses, along with ethical decision-support systems integrated into ambulances, will improve the quality of pediatric pain management.

Keywords: Paramedic, Pain Management in Children, Nursing Integration, Prehospital Care, Continuity of Care.

**EFFECT OF ROOT GROWTH PROMOTING BACTERIA ON ROCKET PLANTS
(*Eruca sativa* L.) GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS**

**SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ROKA BİTKİSİNE (*Eruca sativa* L.) KÖK
GELİŞİMİNİ DESTEKLEYEN BAKTERİ UYGULAMALARININ ETKİSİ**

Research Asist. Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud

Benha University, Faculty of Agriculture, Agricultural and Biosystem Engineering
Department, Qalubiya, Egypt

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8193-388X>

Prof. Dr. Yasemin Kuşlu

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4008-1004>

ABSTRACT

This study investigated the effects of different doses of root growth promoting bacteria (PGPB) applied to arugula (*Eruca sativa* L.) on plant growth parameters. The research was conducted in a greenhouse environment; in 5-liter pots, 4 plants were grown in each pot. The treatment groups were R0 (no PGPB application - control), R1 (one – dose treatment), and R2 (two – dose treatment). The experiment was conducted with 3 replications between September 10th and November 5th. The PGPB solution was injected into the root zone of the plant. The control group received the same amount of sugar water.

At the end of the study, the highest average plant length was determined in the R0 application at 34.83 cm, while the average marketable yield and root thickness values were determined in the R2 treatment at 15.21 g and 4.44 mm, respectively. PGPB applications did not have a significant effect on the average number of leaves per plant.

The research concluded that PGPB applications can be used to improve plant tolerance, particularly to abiotic stress factors, in leafy green vegetables, and that the application dose will vary depending on the plant and stress conditions.

Key Words: *Eruca sativa*, PGPB, greenhouse conditions

ÖZET

Bu çalışmada, roka (*Eruca sativa* L.) bitkisine uygulanan farklı kök gelişimini destekleyen bakteri (PGPB) dozlarının bitki gelişim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sera ortamında yapılan araştırma; 5 litre hacimli saksılarda her saksıda 4 bitki yetiştirilerek yürütülmüştür. Araştırma konuları R0 (PGPB uygulaması yok - kontrol), R1 (bir doz uygulama) ve R2 (iki doz uygulama) olacak şekilde düzenlenmiştir. Deneme 3 tekrarlı olarak 10 Eylül- 5

Kasım tarihleri arasında yürütülmüştür. PGPB solüsyonu bitki kök bölgesine şırınga edilmiştir. Kontrol konusuna ise aynı miktarda şekerli su uygulanmıştır.

Çalışma sonunda en yüksek ortalama bitki boyu R0 uygulamasında 34.83 cm, ortalama pazarlanabilir verim ve kök kalınlığı değerleri R2 konusunda, sırasıyla 15.21 g ve 4.44 mm olarak belirlenmiştir. Bitki başına ortalama yaprak sayısı konusunda PGPB uygulamaları önemli etki yapmamıştır.

Araştırma sonucunda yeşil yapraklı sebzelerde özellikle abiyotik stres faktörlerine karşı bitkinin tolerans geliştirmesinde PGPB uygulamalarının kullanılabileceği, uygulanacak dozun ise her bitki ve stres koşulları için değişiklik göstereceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eruca sativa*, PGPB, sera koşulları

AXIOLOGICAL FRAGMENTATION AND THE CONTINUITY OF SPIRITUAL VALUES IN DIGITAL CULTURE: A TECHNOHUMANIST INTERPRETATION

Nurnazar PIRNAZAROV, PhD

Associate Professor, Sarbon University; Doctoral Researcher, TIAME National Research University, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Digital culture does not merely replace established values with new ones; it changes the conditions under which values remain intelligible, memorable, and binding across situations. This conceptual study examines that transformation through a technohumanist perspective and introduces axiological fragmentation as a socio-philosophical problem. The term denotes a loss of coherence among value meanings, temporal horizons, and interpersonal obligations when communication is reorganized by circulation, metrics, and interaction. The study employs problem-oriented conceptual analysis, comparative interpretation of philosophy of technology and digital-society scholarship, and normative synthesis. Three forms of fragmentation are identified: temporal fragmentation, which weakens links between memory, present judgment, and future consequence; contextual fragmentation, in which the same value is reduced to disconnected signals across digital settings; and relational fragmentation, which substitutes measurable visibility for reciprocal recognition. The article distinguishes fragmentation from pluralism: pluralism sustains dialogue among coherent moral positions, whereas fragmentation separates statements from reasons, contexts, and responsibility. As its main contribution, the study proposes the principle of moral continuity and operationalizes it through three evaluative conditions: semantic consistency, temporal depth, and relational reciprocity. A digital practice supports spiritual values when their core meaning remains recognizable across contexts, when present action is connected to inherited memory and foreseeable consequences, and when affected persons are treated as moral interlocutors rather than units of attention or data. Technohumanism is therefore interpreted neither as rejection of technology nor as unlimited human enhancement, but as the normative integration of technological innovation with dignity, cultural continuity, practical wisdom, and shared responsibility. The framework offers criteria for evaluating digital education, cultural communication, and public institutions while acknowledging that future empirical research must test the proposed conditions across generations, languages, and platform environments. In this way, modernization can expand human agency without dissolving the moral narratives through which communities understand freedom, duty, solidarity, and hope.

Keywords: technohumanism, axiological fragmentation, moral continuity, spiritual values, digital culture, technological mediation.

INTRODUCTION

Digitalization is frequently described through the language of speed, access, innovation, and efficiency. These categories capture important changes, but they do not fully explain what happens to values when social memory, communication, education, and self-presentation are increasingly organized through digital environments. A value is not simply a word that appears in public discourse. It is a durable orientation that connects judgment with identity, action, responsibility, and a vision of the good. The central question is therefore not only whether

spiritual values are present online, but whether they preserve enough coherence to guide conduct across changing contexts.

Two simplified interpretations dominate public debate. Technological optimism assumes that wider circulation automatically strengthens a value, while cultural pessimism treats every new medium as a cause of moral decline. Both positions overlook mediation. Technologies are not neutral containers placed between an unchanged subject and an unchanged world. They participate in shaping attention, practical possibilities, social expectations, and the forms in which moral choices become visible (Verbeek, 2011). A socio-philosophical analysis must consequently examine the relation among human agency, technological form, and cultural meaning instead of assigning causality to only one element.

This article addresses a problem that may be called axiological fragmentation. It occurs when values continue to circulate as recognizable signs but lose continuity between meaning and practice, past and future, or self-expression and responsibility to others. The problem is especially important for societies undergoing rapid modernization while seeking to preserve cultural memory and social solidarity. In such conditions, the task is neither to freeze inherited values nor to adapt them uncritically to every technical novelty. It is to determine how reinterpretation can remain accountable to the ethical substance of a tradition.

The aim of the study is to develop a technohumanist interpretation of axiological fragmentation and to formulate a criterion for the continuity of spiritual values in digital culture. Three research questions guide the discussion: How does fragmentation differ from legitimate value pluralism? Through which dimensions does it appear in digitally mediated life? What normative conditions allow values to be renewed without becoming disconnected from memory, consequence, and interpersonal obligation? The article's novelty lies in the proposed principle of moral continuity, expressed through semantic consistency, temporal depth, and relational reciprocity. This conceptual triad is offered as an analytical criterion rather than as an empirical scale or a universal formula.

RESEARCH AND FINDINGS

CONCEPTUAL METHOD AND SCOPE

The study uses problem-oriented conceptual analysis. First, it reconstructs relevant ideas from philosophy of technology, virtue ethics, social acceleration, platform studies, and theories of datafication. Second, it compares these ideas around a single philosophical problem: the continuity of value-guided action under changing technological conditions. Third, it develops a normative synthesis that can be used to evaluate educational, cultural, and public digital practices. This method does not produce statistical generalizations. Its result is conceptual clarification and a set of propositions that can guide later empirical research.

The term spiritual values is used here in a socio-philosophical sense. It refers to enduring orientations through which persons and communities interpret dignity, conscience, truthfulness, freedom, duty, solidarity, cultural belonging, and hope. These values may have religious, moral, civic, or cultural expressions. Their continuity does not require identical formulations in every historical period. A living value can acquire new language and new applications. Continuity means that reinterpretation remains connected to reasons, narratives, practices, and responsibilities that make the value morally intelligible.

Technohumanism provides the normative standpoint of the analysis. In this article, it does not mean the technological redesign of the human being and is not used as a synonym for transhumanism. It means directing technological development toward human flourishing while recognizing that human capacities are always formed through cultural practices, institutions, and technical mediation. Vallor (2016) argues that uncertain technological conditions require

technomoral virtues and practical wisdom, not only more powerful tools. Similarly, Borgmann (1984) insists that technological convenience should be judged in relation to focal practices and substantive conceptions of the good life. Technohumanism therefore asks whether innovation deepens agency, dignity, memory, and care, rather than measuring progress by technical capacity alone.

This standpoint also avoids treating human beings as isolated rational choosers. Digital environments are institutional and economic arrangements that organize interaction. Platforms channel social activity through datafication, commodification, and selection, thereby influencing the public values embedded in education, communication, and civic life (van Dijck et al., 2018). The moral subject remains responsible, but responsibility is exercised within environments that enable some actions, discourage others, and define what counts as success. For this reason, the continuity of values is simultaneously personal, cultural, technological, and institutional.

AXIOLOGICAL FRAGMENTATION IN DIGITAL CULTURE

Axiological change and axiological fragmentation are not identical. Change may clarify a value, extend its application, or correct an exclusion inherited from the past. Fragmentation occurs when the links that allow a value to orient action are weakened. A person may repeatedly use the language of dignity, responsibility, or solidarity while each use remains confined to a separate episode. The value then functions as a momentary signal rather than a stable ground for judgment. The present analysis identifies temporal, contextual, and relational forms of this condition.

Temporal fragmentation separates present reaction from both cultural memory and future consequence. Digital circulation privileges immediacy: the newest item displaces the previous one, and rapid response is often rewarded more visibly than reflection. Rosa's theory of social acceleration shows how technological and social speed can transform the relation between individuals and the world, producing pressure to keep pace while reducing the stability of orientations (Rosa, 2013). Stiegler (2010) connects the capture of attention with a crisis of intergenerational transmission, emphasizing that long-term attention is necessary for cultural memory and education. When moral judgment is reduced to instant approval or condemnation, values lose temporal depth. They cease to connect inherited experience, present choice, and responsibility for consequences.

Contextual fragmentation appears when the same person moves rapidly among educational, professional, entertainment, familial, and civic settings that use different communicative rules. A concept such as freedom may function as a constitutional principle in one setting, an advertising slogan in another, a marker of personal style in a third, and an emotional reaction in a fourth. Diversity of use is not itself problematic. The problem begins when no reflective connection is maintained among these meanings. Platform metrics intensify this risk by converting qualitatively different acts into comparable indicators of visibility and response. As Floridi (2014) observes, life in the infosphere reshapes how identities and relationships are understood; the boundaries between online and offline experience become increasingly porous. Without interpretive continuity, a moral term can remain highly visible while becoming practically indeterminate.

Relational fragmentation weakens the movement from expression to reciprocal recognition. Digital environments make communication easier, but connection is not automatically relation. Couldry and Mejias (2019) show how human life is increasingly appropriated through data relations, while Zuboff (2019) analyzes the conversion of behavioral experience into resources for prediction and commercial control. In such systems, persons may be encountered primarily as profiles, audiences, targets, or data sources. Turkle (2015) similarly warns that permanent

connectivity can coexist with a retreat from demanding conversation. Spiritual values such as respect, compassion, and solidarity become fragmented when they are displayed without an obligation to listen, answer, revise, or care for those affected.

The three forms reinforce one another. A short time horizon makes contextual comparison difficult; disconnected contexts make responsibility easier to avoid; and reduced reciprocity weakens the social practices through which memory and shared meaning are sustained. Yet fragmentation is not total or irreversible. Digital archives can preserve endangered languages, online communities can renew traditions, and networked education can broaden access to philosophical and cultural resources. The concept identifies a risk structure, not a deterministic outcome. Its purpose is to reveal the conditions under which technical possibilities either strengthen or weaken value-guided life.

FRAGMENTATION IS NOT PLURALISM

A crucial finding of the analysis is the distinction between fragmentation and pluralism. Pluralism recognizes that people and communities may interpret the good through different traditions, experiences, and moral vocabularies. It requires disagreement to remain dialogical: positions must be intelligible, reasons can be examined, and participants remain answerable for the consequences of their claims. Fragmentation, by contrast, does not necessarily create many coherent positions. It can produce disconnected statements that change with the audience, the moment, or the expected response, without a stable relation to reasons or practices.

This distinction prevents the defence of cultural continuity from becoming a demand for uniformity. Moral continuity is compatible with debate, translation, and historical development. Taylor's account of authenticity is useful here because genuine self-realization depends on horizons of significance that cannot be created by individual preference alone (Taylor, 1991). A choice becomes meaningful through languages and relationships that precede the choosing subject. Likewise, Arendt's account of action emphasizes a shared world in which persons appear before others and disclose who they are (Arendt, 1958). If the common world is replaced by a sequence of isolated performances, plurality itself loses the space in which it can be experienced and judged.

Pluralism therefore needs continuity. Participants may revise inherited meanings, but they must be able to explain what has changed, what has been preserved, and why the reinterpretation deserves recognition. The ability to move between contexts without abandoning responsibility is a mark of moral maturity. A fragmented subject merely adapts signals to circumstances; a pluralistic subject can translate among perspectives while preserving an accountable identity. This difference is central to education, because teaching only the vocabulary of values is insufficient. Learners also need practices of comparison, narration, dialogue, and reason-giving.

THE PRINCIPLE OF MORAL CONTINUITY

The main theoretical contribution of the study is the principle of moral continuity. The principle states: a digitally mediated practice supports the continuity of spiritual values when value meanings remain intelligible across contexts, present judgments remain connected to memory and foreseeable consequence, and affected persons are recognized as participants to whom reasons and care are owed. The principle has three interdependent conditions.

Semantic consistency is the first condition. It asks whether the core meaning of a value remains recognizable when it moves among platforms, institutions, generations, and formats. Consistency is not verbal repetition. A traditional narrative, a short video, and a classroom discussion may express the same value differently. The test is whether the differences can be explained without reversing the value's moral direction. For example, dignity cannot coherently mean respect for every person in an educational text but permission to humiliate an opponent

in public communication. Semantic consistency requires institutions and individuals to make their implicit interpretations explicit and comparable.

Temporal depth is the second condition. It asks whether a moral statement is connected to inherited memory, present circumstances, and foreseeable consequences. Temporal depth resists both nostalgic repetition and presentism. The past is not treated as an untouchable collection of formulas; it is a source of experience to be interpreted critically. The future is not an ABSTRACT promise; it is the horizon in which today's technical and cultural choices affect later generations. In practical terms, temporal depth can be strengthened through historical comparison, slow reading, digital archives, intergenerational dialogue, and evaluation periods long enough to observe whether a message changes conduct rather than only attracting attention.

Relational reciprocity is the third condition. It asks whether those affected by a digital practice can respond, question, contest, and participate in revising it. Reciprocity exceeds the presence of a comment box. It requires institutional willingness to listen and to alter decisions when justified criticism appears. UNESCO's Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence places human dignity, cultural diversity, inclusion, human oversight, and awareness at the centre of responsible technology governance (UNESCO, 2021). These commitments become concrete when users are treated as moral interlocutors, not merely as recipients, consumers, or sources of data.

The three conditions should be used together. Semantic consistency without temporal depth may become rigid sloganizing. Temporal depth without reciprocity may romanticize tradition and silence present experience. Reciprocity without semantic consistency may reward every response equally while leaving no basis for judgment. Their integration creates a balanced criterion: meaning must remain identifiable, history and consequence must remain visible, and persons must remain answerable to one another. The principle is thus neither conservative preservation nor permanent disruption. It describes responsible transformation.

IMPLICATIONS FOR EDUCATION, CULTURE, AND PUBLIC INSTITUTIONS

The framework has direct implications for education. Digital competence should include more than operating devices, locating information, or generating content. It should cultivate the ability to follow a value across contexts, reconstruct the history of a concept, identify its practical consequences, and engage in reasoned disagreement. A learning task may ask students to compare how dignity, freedom, or responsibility is represented in a classical text, a family narrative, a public policy, and a social-media post. The purpose is not to impose a single interpretation but to reveal where meanings remain continuous and where they become detached from conduct.

Cultural institutions can apply the principle when digitizing heritage. The number of scanned objects or views does not by itself show whether cultural memory is alive. Semantic consistency requires reliable contextualization and careful translation. Temporal depth requires links among artifacts, historical events, contemporary questions, and future responsibility. Relational reciprocity requires participation by the communities whose languages, practices, and memories are represented. Such participation is particularly important for multilingual societies, where technical standardization can unintentionally narrow cultural visibility.

Public institutions can use the triad as a qualitative evaluation framework. Before launching a digital initiative, they may ask three questions: Does the message preserve the declared value across formats and target groups? Does the initiative connect immediate objectives with cultural memory and long-term social effects? Can affected citizens respond meaningfully and influence correction? These questions complement technical indicators rather than replace them. They

help prevent a situation in which high reach is interpreted as moral effectiveness without evidence of understanding, trust, or responsible action.

The approach is relevant to Uzbekistan's modernization agenda. The Uzbekistan–2030 Strategy combines institutional development, education, digital transformation, and the strengthening of national culture (Republic of Uzbekistan, 2023). A technohumanist reading suggests that these goals should be evaluated as mutually dependent. Digital growth that weakens linguistic diversity or intergenerational memory would conflict with cultural development; heritage policies that exclude new forms of participation would fail to engage a changing society. Moral continuity offers a way to connect innovation with national and universal human values without reducing either to ceremonial language.

Institutional application nevertheless requires caution. The triad is a diagnostic framework, not an automatic scoring system. Semantic consistency may be assessed through discourse analysis; temporal depth through narrative and longitudinal methods; relational reciprocity through observation, interviews, and participation records. The meaning of each condition must be adapted to age, language, institution, and cultural setting. Future empirical studies should test whether these dimensions can be reliably observed and whether they predict stronger understanding, trust, and value-guided action.

CONCLUSION

Digital culture transforms not only the content of values but the social and temporal conditions of valuing. The concept of axiological fragmentation identifies a specific danger within this transformation: values may remain visible while losing coherence between meaning and practice, memory and consequence, or expression and responsibility. Temporal, contextual, and relational fragmentation describe different aspects of the same problem and show why neither technological optimism nor cultural pessimism is sufficient.

The distinction between fragmentation and pluralism is essential. Pluralism depends on coherent perspectives capable of dialogue; fragmentation disconnects claims from reasons and obligations. Protecting continuity therefore does not mean demanding sameness. It means preserving the intelligibility and accountability that make reinterpretation possible.

The proposed principle of moral continuity offers three conditions for responsible transformation: semantic consistency, temporal depth, and relational reciprocity. Together they provide a technohumanist criterion for assessing digital education, cultural communication, and public initiatives. Technology serves human flourishing when it enlarges agency while sustaining the narratives, memories, and relationships through which persons understand dignity, freedom, duty, solidarity, and hope.

Because this is a conceptual study, its conclusions require empirical examination. Comparative research across generations, languages, educational settings, and digital environments can determine how the three conditions appear in practice and how they relate to durable moral judgment. The contribution of the present article is to define the philosophical problem and provide a coherent framework for that next stage of inquiry.

REFERENCES

- Arendt, H. (1958). *The human condition*. University of Chicago Press.
- Borgmann, A. (1984). *Technology and the character of contemporary life: A philosophical inquiry*. University of Chicago Press.

- Couldry, N., & Mejias, U. A. (2019). *The costs of connection: How data is colonizing human life and appropriating it for capitalism*. Stanford University Press.
- Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. Oxford University Press.
- Republic of Uzbekistan. (2023). Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-158: On the Uzbekistan–2030 Strategy. <https://lex.uz/docs/6600413>
- Rosa, H. (2013). *Social acceleration: A new theory of modernity* (J. Trejo-Mathys, Trans.). Columbia University Press.
- Stiegler, B. (2010). *Taking care of youth and the generations* (S. Barker, Trans.). Stanford University Press.
- Taylor, C. (1991). *The ethics of authenticity*. Harvard University Press.
- Turkle, S. (2015). *Reclaiming conversation: The power of talk in a digital age*. Penguin Press.
- UNESCO. (2021). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>
- Vallor, S. (2016). *Technology and the virtues: A philosophical guide to a future worth wanting*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190498511.001.0001>
- van Dijck, J., Poell, T., & de Waal, M. (2018). *The platform society: Public values in a connective world*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190889760.001.0001>
- Verbeek, P.-P. (2011). *Moralizing technology: Understanding and designing the morality of things*. University of Chicago Press.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power*. PublicAffairs.

POST PANDEMIC GLOBAL TRENDS IN FUNDING PUBLIC ACCESS MANDATE COMPLIANCE FOR RESEARCH: AN ANALYSIS BASED ON GOOGLE SCHOLAR METRICS (2021-2023)

Sujan Bandhu Chakraborty

Research Scholar, Dept. of Library and Information Science, University of Calcutta &
Librarian, Dept. of Allied Health Sciences, Brainware University, West Bengal,

Dr. Pubalika Bhattacharya Maitra

Assistant Professor, Dept. of Library and Information Science, University of Calcutta,

ABSTRACT:

Open Access (OA) to research publications, often driven by funder mandates, aims to accelerate knowledge dissemination and maximize research impact. Monitoring compliance with these mandates is crucial but challenging. Google Scholar has emerged as a platform that automatically tracks and reports public access compliance for numerous global funders. This paper analyses publicly available compliance data, attributed to Google Scholar Metrics, for a wide range of international research funders covering the post pandemic years 2021, 2022, and 2023, alongside an "Overall" compliance figure. The analysis reveals significant global disparities: European funders (particularly UK, Netherlands, Switzerland, Nordics) generally exhibit high compliance rates (often >85-90%), while North American funders show variability, and many funders in Asia and other regions demonstrate lower compliance (often 40-60%). Notable temporal trends include sharp declines for several major UK and Indian funders between 2021-2023, contrasted with steady increases for Australian and some Canadian funders. The study highlights the potential utility of platforms like Google Scholar for large-scale monitoring while acknowledging significant limitations regarding data accuracy and methodological transparency. The findings underscore the varying effectiveness or enforcement of OA mandates globally and suggest areas for policy improvement and further investigation into the drivers of compliance.

Keywords: Public Access Mandates; Open Access; Google Scholar Metrics; Research Funding; Research Compliance; Open Science; Scholarly Communication.

Introduction

The Open Access (OA) movement, which promotes unrestricted online access to scholarly research, has made significant strides over the past two decades, driven largely by public access mandates from research funding organizations globally. These mandates require that publications from funded research be freely accessible, either after a specific embargo period through institutional/subject repositories (Green OA) or via OA journals (Gold/Hybrid OA). The underlying goal is to enhance societal returns on research investments, expedite scientific discoveries, and ensure equitable knowledge access. However, consistent compliance with these mandates poses challenges such as the clarity of language, enforcement mechanisms, researcher awareness, disciplinary practices, and available infrastructure. Monitoring compliance is vital for funders to evaluate policy effectiveness and for the research community to gauge accessibility levels. Traditionally, this monitoring relied on specific reporting systems, surveys, or bibliometric analyses, which have been resource-intensive. Recently, indexing

services like Google Scholar have started automated checks for public access compliance, potentially providing a broader view, though possibly at the expense of nuance. This paper analyzes funder compliance data from Google Scholar Metrics from 2021-2023, including an overall metric for assessment.

Literature Review

Research on open-access (OA) has evolved from exploring the motivations for OA mandates to examining their implementation and results. Dominance of a few publishers has intensified the call for accessible government-funded research (Larivière et al., 2015). Variability in funder mandates affects compliance, with around two-thirds of publications under some mandates being freely accessible (Larivière and Sugimoto, 2018). Various OA routes, such as green and gold OA, exhibit disciplinary differences, and a framework by Piwowar et al. (2018) categorizes these forms, linking them to scholarly impact. Issues such as copyright and repository procedures impede self-archiving (Swan & Brown, 2005). Recent studies reveal gaps between policy and actual accessibility, with transformative agreements altering financial models but not ensuring equitable access, as seen in Australia (Borrego et al., 2021). The post-pandemic context has strengthened public access policies, exemplified by the OSTP 2022 memorandum and the revised NIH policy, effective July 1, 2025. Plan S mandates seek immediate access without embargoes, and frameworks like Horizon Europe stress integrating public access into research funding. Metrics developed by Piwowar et al. (2018) aid in assessing accessibility, although bibliometric data should be interpreted cautiously as they may not directly reflect OA compliance or research quality (Bornmann and Daniel, 2008).

The reviewed literature establishes strong foundations for understanding OA mandates, author compliance, repository deposit, public accessibility, and bibliometric measurement. However, comparatively less attention is given to a systematic continent-wise comparison of actual funder compliance over a common period, particularly across Europe, North America, Asia, Oceania, South America, Africa, and international organizations.

Objective of the study

By examining trends across a diverse set of international funders, this study aims to:

1. Identify patterns in public access compliance levels across different funders and geographical regions.
2. Analyse temporal trends in compliance rates between 2021 and 2023.
3. Discuss the implications of these findings for funders, researchers, and the OA movement.
4. Critically consider the utility and limitations of using Google Scholar data for compliance monitoring.

Context and Methodology

The analysis is based on data sourced from Google Scholar Metrics, focusing on public access mandate compliance rates for international funding agencies from 2021 to 2023. Google Scholar scans indexed articles to find those complying with public access mandates, determining compliance as the percentage of articles publicly available. The methodology includes descriptive statistics to categorize funders by their compliance rates as high (>85%), moderate (60-85%), and low (<60%), grouping them by geographic region to identify patterns, analysing year-over-year changes, and noting missing data.

Data Limitations and Caveats

It is crucial to acknowledge the inherent limitations of this analysis, primarily stemming from the nature of the data source:

- The analysis is based on a provided table, without direct verification through Google Scholar.
- Google Scholar's accuracy in detecting funding acknowledgements and accessible versions is limited, potentially leading to misattribution or oversight of compliant versions (Tay, 2021; Dalhousie Libraries Blog, 2021).
- "Public Access" as defined by Google Scholar focuses on free availability, which may not meet all funders' specific licensing or deposit requirements.
- The timeframe addressed by the "Overall" compliance percentage is unspecified but likely goes back before 2021.
- The analysis reveals correlations and trends but does not establish causation between policies and compliance rates.

Results and Findings

The analysis of the provided Google Scholar compliance data (Table 1) reveals distinct patterns and trends across the global funding landscape.

Table 1: Public access mandates – Google Scholar Metric (Public Access Mandates - Google Scholar Metrics, 2025) [Arranged in the order of overall minimum to maximum compliance percentage]

Funder	Abbreviation	Country/ Region	Continent	2021	2022	2023	Overall
Scientific and Technological Research Council of Turkey	TÜBİTAK	Turkey	Asia	0%	1%	1%	1%
US Department of Education	ED	USA	North America	20%	21%	17%	18%
National Environment Agency, Singapore	NEA	Singapore	Asia	35%	53%	42%	36%
US Administration for Community Living	ACL	USA	North America	42%	48%	46%	39%
US Institute of Education Sciences	IES	USA	North America	63%	59%	48%	45%
Chief Scientist Office, Scottish Executive	CSO	UK (Scotland)	Europe	62%	70%	61%	45%
Research Grants Council, Hong Kong	RGC	Hong Kong SAR (China)	Asia	52%	51%	49%	46%
Social Sciences and Humanities Research Council, Canada	SSHRC	Canada	North America	48%	54%	56%	46%
Multiple Sclerosis Society, UK	MSS	UK	Europe	49%	57%	47%	46%
National Research Foundation, South Africa	NRF-SA	South Africa	Africa	48%	47%	51%	47%
US Department of Defense	DoD	USA	North America	54%	53%	53%	49%
National Research Foundation, Singapore	NRF-SG	Singapore	Asia	56%	56%	55%	49%

US Office of the Director of National Intelligence	ODNI	USA	North America	53%	51%	51%	49%
ME Research UK	MERUK	UK	Europe	100%	88%	47%	49%
National Natural Science Foundation of China	NSFC	China	Asia	51%	52%	48%	50%
Target Ovarian Cancer, UK	TOC	UK	Europe	57%	56%	70%	50%
Prostate Cancer UK	PCUK	UK	Europe	54%	60%	60%	51%
Danish National Advanced Technology Foundation	Danish Advanced Tech Fdn	Denmark	Europe	79%	79%	88%	53%
Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada	NSERC	Canada	North America	56%	59%	61%	54%
Stroke Association, UK	Stroke Association	UK	Europe	59%	41%	55%	54%
Health and Care Research Wales	HCRW	UK (Wales)	Europe	-	73%	60%	55%
Myrovlytis Trust, UK	Myrovlytis Trust	UK	Europe	60%	100%	40%	55%
Department of Science & Technology, India	DST	India	Asia	54%	51%	47%	56%
US Department of Transportation	DOT	USA	North America	55%	55%	54%	56%
Dunhill Medical Trust, UK	DMT	UK	Europe	65%	67%	65%	56%
National Institute for Health Research, UK	NIHR	UK	Europe	62%	65%	61%	57%
Council of Scientific and Industrial Research, India	CSIR	India	Asia	53%	52%	46%	57%
British Heart Foundation	BHF	UK	Europe	67%	69%	66%	57%
Fondazione Telethon, Italy	Telethon	Italy	Europe	65%	70%	66%	57%
Danish Council for Technology and Innovation	Danish Council T&I	Denmark	Europe	77%	83%	76%	57%
Department of Agriculture, Food and the Marine, Ireland	DAFM	Ireland	Europe	68%	61%	57%	57%
Diabetes UK	Diabetes UK	UK	Europe	63%	68%	64%	57%
European Hematology Association, Netherlands	EHA	Netherlands	Europe	50%	67%	67%	57%
German Research Foundation	DFG	Germany	Europe	75%	76%	78%	58%
Patient-Centered Outcomes Research Institute	PCORI	USA	North America	62%	61%	60%	58%
Danish Council for Strategic Research	DSF	Denmark	Europe	77%	80%	81%	58%
Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences	KNAW	Netherlands	Europe	69%	74%	70%	58%
Chinese Academy of Sciences	CAS	China	Asia	59%	61%	57%	59%
Cancer Research UK	CRUK	UK	Europe	66%	69%	67%	59%
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo	FAPESP	Brazil	South America	60%	59%	60%	59%

Versus Arthritis, UK	VA	UK	Europe	73%	70%	73%	59%
Parkinson's UK	Parkinson's UK	UK	Europe	67%	71%	63%	59%
Academy of Medical Sciences, UK	AMS	UK	Europe	62%	62%	57%	59%
Marie Curie Cancer Care, UK	MCCC	UK	Europe	46%	73%	88%	59%
NBIA Disorders Association	NBIA	USA	North America	50%	50%	75%	60%
Coeliac UK	Coeliac UK	UK	Europe	100%	80%	50%	60%
Research Foundation (Flanders)	FWO	Belgium	Europe	77%	78%	76%	61%
Danish Council for Independent Research	DFF	Denmark	Europe	69%	71%	72%	61%
Motor Neurone Disease Association, UK	MNDA	UK	Europe	69%	72%	60%	61%
Pancreatic Cancer, UK	Pancreatic Cancer UK	UK	Europe	60%	67%	78%	61%
National Medical Research Council, Singapore	NMRC	Singapore	Asia	67%	69%	67%	62%
US National Science Foundation	NSF	USA	North America	72%	73%	72%	63%
Canadian Institutes of Health Research	CIHR	Canada	North America	72%	76%	77%	63%
Juvenile Diabetes Research Foundation	JDRF	USA	North America	68%	64%	65%	63%
Alzheimer's UK	Alzheimer's UK	UK	Europe	65%	68%	64%	63%
Parkinson's Foundation, USA	Parkinson's Foundation	USA	North America	65%	64%	68%	63%
US Assistant Secretary for Preparedness and Response	ASPR	USA	North America	68%	70%	80%	63%
Canada First Research Excellence Fund	CFREF	Canada	North America	63%	64%	68%	64%
Autism Speaks Inc, USA	AS	USA	North America	60%	68%	68%	64%
The Donaghue Foundation, USA	Donaghue Fdn	USA	North America	67%	51%	57%	64%
Hungarian Academy of Sciences	HAS	Hungary	Europe	78%	78%	83%	65%
Carlsberg Foundation DK	Carlsberg Fdn	Denmark	Europe	67%	71%	64%	65%
Worldwide Cancer Research, UK	WCR	UK	Europe	73%	68%	69%	65%
Action on Hearing Loss, UK	RNID	UK	Europe	86%	56%	64%	65%
MQ Mental Health Research	MQ	UK	Europe	67%	78%	69%	65%
Government of Argentina	GoA	Argentina	South America	53%	53%	56%	66%
Workforce Development Applied Research Fund, Singapore	WDARF	Singapore	Asia	80%	69%	56%	66%
Volkswagen Foundation	VW Foundation	Germany	Europe	74%	74%	76%	67%

Leducq Foundation, USA	Leducq Fdn	USA	North America	64%	71%	69%	67%
Wellcome Trust/DBT India Alliance	India Alliance	India	Asia	70%	69%	66%	67%
Ministry of Health, Singapore	MOH-SG	Singapore	Asia	66%	74%	71%	67%
US National Aeronautics and Space Administration	NASA	USA	North America	74%	71%	72%	68%
National Health and Medical Research Council, Australia	NHMRC	Australia	Oceania	69%	74%	80%	68%
US Department of Veterans Affairs	VA	USA	North America	69%	70%	70%	68%
US National Oceanic and Atmospheric Administration	NOAA	USA	North America	71%	68%	67%	68%
Fraunhofer-Gesellschaft	FhG	Germany	Europe	77%	76%	75%	68%
European Molecular Biology Laboratory	EMBL	International (Germany HQ)	International	69%	73%	68%	68%
Ontario Institute for Cancer Research	OICR	Canada (Ontario)	North America	73%	76%	75%	68%
Breast Cancer Now, UK	BCN	UK	Europe	71%	77%	64%	68%
Florida Department of Health, USA	FDOH	USA	North America	68%	66%	69%	68%
Yorkshire Cancer Research, UK	YCR	UK	Europe	69%	72%	76%	68%
Royal National Institute for Deaf People, UK	RNID	UK	Europe	86%	77%	72%	68%
Medical Research Foundation, UK	MRF	UK	Europe	-	80%	67%	68%
Department of Biotechnology, India	DBT	India	Asia	66%	64%	59%	69%
Genome Canada	GC	Canada	North America	82%	84%	82%	69%
Health Data Research, UK	HDR UK	UK	Europe	72%	76%	66%	69%
Blood Cancer UK	BCUK	UK	Europe	70%	70%	72%	69%
Melanoma Research Alliance	MRA	USA	North America	72%	69%	73%	69%
Doris Duke Charitable Foundation	DDCF	USA	North America	72%	72%	74%	70%
Fonds de recherche du Quebec Societe et culture	FRQSC	Canada (Quebec)	North America	74%	72%	68%	70%
National Centre for Replacement, Refinement & Reduction, UK	NC3Rs	UK	Europe	74%	75%	77%	70%
European & Developing Countries Clinical Trials Partnership	EDCTP	International (NL/SA)	International	75%	76%	71%	71%
A*Star, Singapore	A*STAR	Singapore	Asia	77%	74%	71%	72%
Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies	FRQNT	Canada (Quebec)	North America	75%	73%	70%	72%

Grand Challenges, Canada	Grand Challenges Canada	Canada	North America	78%	74%	78%	72%
Citizen's United for Research in Epilepsy	CURE	USA	North America	79%	74%	56%	72%
International FOP Association	IFOPA	USA	North America	80%	83%	38%	72%
US Department of Energy	DOE	USA	North America	77%	77%	76%	73%
Wellcome Trust	WT	UK	Europe	78%	81%	79%	73%
National Fund for Scientific Research, Belgium	FNRS	Belgium	Europe	80%	81%	81%	73%
Indian Council of Agricultural Research	ICAR	India	Asia	69%	68%	65%	73%
Ministry of Business Innovation and Employment	MBIE	New Zealand	Oceania	-	-	72%	73%
Lymphoma Research Foundation, USA	LRF	USA	North America	79%	86%	71%	73%
Swedish Research Council	VR	Sweden	Europe	86%	88%	89%	74%
American Heart Association	AHA	USA	North America	75%	75%	75%	74%
Belgian Science Policy Office	BELSPO	Belgium	Europe	77%	79%	75%	74%
Research Council of Lithuania	RCL	Lithuania	Europe	76%	77%	79%	74%
Susan G. Komen	Komen	USA	North America	74%	77%	76%	74%
Multiple Sclerosis Society of Canada	MSSC	Canada	North America	75%	75%	80%	74%
US National Institutes of Health	NIH	USA	North America	75%	74%	74%	75%
Netherlands Organisation for Health Research and Development	ZonMw	Netherlands	Europe	62%	63%	56%	75%
Finnish Funding Agency for Innovation (Business Finland)	BF	Finland	Europe	91%	92%	92%	75%
Cancer Prevention Research Institute of Texas, USA	CPRIT	USA	North America	75%	75%	79%	75%
Arnold Ventures LLC	AV	USA	North America	81%	82%	69%	75%
Vienna Science and Technology Fund, Austria	WWTF	Austria	Europe	85%	78%	84%	75%
American Brain Tumor Association	ABTA	USA	North America	74%	67%	75%	75%
National Health Innovation Centre, Singapore	NHIC	Singapore	Asia	62%	85%	67%	75%
Australian Research Council	ARC	Australia	Oceania	74%	76%	80%	76%
Japan Science and Technology Agency	JST	Japan	Asia	-	78%	76%	76%
World Health Organization	WHO	International (Switzerland HQ)	International	59%	64%	61%	76%

Prostate Cancer Canada	PCC	Canada	North America	72%	75%	82%	76%
Siegel Rare Neuroimmune Association	SRNA	USA	North America	83%	80%	100%	76%
Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal	FCT	Portugal	Europe	76%	79%	82%	77%
Danish National Research Foundation	DNRF	Denmark	Europe	83%	85%	88%	77%
Heart and Stroke Foundation of Canada	HSF	Canada	North America	77%	80%	81%	77%
Lung Cancer Research Foundation, USA	LCRF	USA	North America	72%	71%	80%	77%
Fonds de recherche du Québec - Santé	FRQS	Canada (Quebec)	North America	82%	82%	79%	78%
Ford Foundation	Ford Fdn	USA	North America	81%	80%	79%	78%
Pancreatic Cancer Action Network, USA	PanCAN	USA	North America	79%	73%	81%	78%
Canadian Foundation for Healthcare Improvement	CFHI	Canada	North America	68%	63%	68%	78%
Tuberous Sclerosis Alliance, USA	TSA	USA	North America	77%	100%	100%	78%
Icelandic Centre for Research	Rannís	Iceland	Europe	82%	82%	82%	79%
Damon Runyon Cancer Research Foundation	DRCRF	USA	North America	79%	76%	81%	79%
V Foundation, USA	V Foundation	USA	North America	83%	79%	79%	79%
Government of Spain	GoS	Spain	Europe	84%	86%	87%	80%
Federal Ministry of Education and Research, Germany	BMBF	Germany	Europe	84%	84%	83%	80%
UK Arts & Humanities Research Council	AHRC	UK	Europe	83%	85%	85%	80%
Swiss Cancer League	SCL	Switzerland	Europe	86%	88%	87%	80%
Chan Zuckerberg Initiative	CZI	USA	North America	80%	82%	82%	80%
Canadian Cancer Society	CCS	Canada	North America	77%	78%	82%	80%
Higher Education Authority, Ireland	HEA	Ireland	Europe	91%	90%	88%	80%
LUNGeity Foundation, USA	LUNGeity	USA	North America	87%	73%	76%	80%
Alberta Conservation Association, Canada	ACA	Canada (Alberta)	North America	76%	81%	87%	80%
Science Foundation Ireland	SFI	Ireland	Europe	77%	78%	78%	81%
National Science Centre, Poland	NCN	Poland	Europe	82%	82%	83%	81%
Hungarian Scientific Research Fund	OTKA	Hungary	Europe	89%	87%	91%	81%

Ministry of Education, Science and Technological Development, Serbia	MESTD	Serbia	Europe	79%	81%	82%	81%
Irish Research Council	IRC	Ireland	Europe	85%	88%	89%	81%
Innovation Fund Denmark	IFD	Denmark	Europe	81%	84%	86%	81%
Michael Smith Foundation for Health Research	MSFHR	Canada (BC)	North America	82%	84%	83%	81%
British Orthopaedic Association, UK	BOA	UK	Europe	73%	75%	100%	81%
de Beaumont Foundation, USA	de Beaumont Fdn	USA	North America	50%	86%	100%	81%
Government of Italy	GoI	Italy	Europe	84%	84%	87%	82%
Slovenian Research Agency	ARRS	Slovenia	Europe	84%	87%	89%	82%
Villum Foundation	Villum Fdn	Denmark	Europe	81%	84%	84%	82%
Banking Foundation "la Caixa"	la Caixa Fdn	Spain	Europe	82%	84%	88%	82%
Polish National Agency for Academic Exchange	NAWA	Poland	Europe	81%	86%	81%	82%
Foundation for Baltic and East European Studies	Östersjöstiftelsen	Sweden	Europe	88%	86%	88%	82%
Fondazione Cariplo	Cariplo	Italy	Europe	87%	91%	91%	83%
Robert Wood Johnson Foundation	RWJF	USA	North America	84%	87%	85%	83%
Medical Research Future Fund, Australia	MRFF	Australia	Oceania	81%	82%	86%	83%
Swiss Cancer Foundation	SCF	Switzerland	Europe	86%	87%	86%	83%
Swedish-Norwegian Foundation for Equine Research	S-NF	Sweden/Norway	Europe	69%	82%	100%	83%
Bank of Sweden Tercentenary Foundation	RJ	Sweden	Europe	93%	92%	93%	84%
National Institute of Health and Medical Research, France	INSERM	France	Europe	91%	92%	93%	85%
John D. and Catherine T. MacArthur Foundation	MacArthur Fdn	USA	North America	86%	87%	88%	85%
Nordforsk	NordForsk	International (Nordic)	International	83%	87%	89%	85%
Environmental Protection Agency, Ireland	EPA Ireland	Ireland	Europe	91%	90%	92%	85%
Ministry of Science and Higher Education, Ethiopia	MoSHE	Ethiopia	Africa	92%	87%	82%	85%
Arcadia Fund, UK	Arcadia	UK	Europe	88%	71%	95%	85%
UK Medical Research Council	MRC	UK	Europe	95%	80%	69%	86%
UK Biotechnology and Biological Sciences Research Council	BBSRC	UK	Europe	94%	77%	64%	86%
Helmholtz Association	HGF	Germany	Europe	90%	90%	90%	86%

Research Council of Norway	RCN	Norway	Europe	92%	90%	91%	87%
Swedish Council for Health, Labor and Welfare	FORTE	Sweden	Europe	91%	93%	94%	87%
International Development Research Centre, Canada	IDRC	Canada	North America	88%	86%	87%	87%
Health Research Board, Ireland	HRB	Ireland	Europe	91%	93%	93%	87%
Leibniz Association	Leibniz	Germany	Europe	92%	92%	91%	87%
Swedish Foundation for Strategic Environmental Research	MISTRA	Sweden	Europe	93%	92%	95%	87%
Knowledge Foundation, Sweden	KKS	Sweden	Europe	86%	92%	90%	87%
Berit Wallenberg Foundation	BWF	Sweden	Europe	75%	92%	100%	87%
European Commission	EC	EU (International)	Europe (Int'l)	90%	90%	90%	88%
Swiss National Science Foundation	SNSF	Switzerland	Europe	92%	93%	93%	88%
Austrian Science Fund	FWF	Austria	Europe	93%	93%	94%	88%
National Office for Research, Development and Innovation, Hungary	NKFIH	Hungary	Europe	90%	89%	89%	88%
Swedish Research Council for Environment, Agric & Spatial Planning	Formas	Sweden	Europe	94%	95%	94%	88%
Vinnova, Sweden	Vinnova	Sweden	Europe	88%	89%	87%	88%
Luxembourg National Research Fund	FNR	Luxembourg	Europe	92%	92%	90%	88%
Swedish Environmental Protection Agency	SEPA	Sweden	Europe	97%	96%	95%	88%
Swiss Federal Office for the Environment	FOEN	Switzerland	Europe	-	93%	87%	88%
Against Breast Cancer, UK	ABC	UK	Europe	100%	-	-	88%
US Department of Agriculture	USDA	USA	North America	90%	90%	90%	89%
Academy of Finland	AKA	Finland	Europe	94%	95%	94%	89%
State of California	CA	USA	North America	89%	90%	90%	89%
Michael J Fox Foundation	MJFF	USA	North America	89%	90%	91%	89%
Templeton World Charity Foundation	TWCF	Bahamas	North America	89%	91%	90%	89%
Champalimaud Foundation	CF	Portugal	Europe	94%	90%	92%	89%
UK Engineering and Physical Sciences Research Council	EPSRC	UK	Europe	91%	92%	92%	90%
UK Economic and Social Research Council	ESRC	UK	Europe	93%	94%	94%	90%

US Agency for International Development	USAID	USA	North America	90%	91%	92%	90%
AIRC Foundation for Cancer Research in Italy	AIRC	Italy	Europe	89%	90%	91%	90%
Business Finland	BF	Finland	Europe	92%	93%	91%	90%
Hewlett Foundation	Hewlett Fdn	USA	North America	92%	91%	92%	90%
Alex's Lemonade Stand	ALS	USA	North America	93%	92%	92%	90%
Children's Tumor Foundation, USA	CTF	USA	North America	88%	91%	88%	90%
Austrian Partnership Programme in Higher Education & Research	APPEAR	Austria	Europe	96%	85%	87%	90%
Children's Cancer and Leukaemia Group, UK	CCLG	UK	Europe	86%	92%	94%	90%
Huntington Society of Canada	HSC	Canada	North America	90%	100%	100%	90%
Agence Nationale de la Recherche	ANR	France	Europe	92%	92%	92%	91%
UK Research & Innovation	UKRI	UK	Europe	92%	93%	94%	91%
Royal Society UK	RS	UK	Europe	91%	91%	92%	91%
Human Frontier Science Program	HFSP	International (France HQ)	International	94%	92%	94%	91%
Dutch Cancer Society	KWF	Netherlands	Europe	95%	95%	95%	91%
AXA Research Fund, France	AXA Research Fund	France	Europe	92%	92%	94%	91%
Marianne and Marcus Wallenberg Foundation	MMW	Sweden	Europe	95%	93%	95%	91%
Kone Foundation	Kone Fdn	Finland	Europe	92%	92%	91%	91%
Aligning Science Across Parkinson's, USA	ASAP	USA	North America	90%	92%	96%	91%
Marcus and Amalia Wallenberg Foundation	MAW	Sweden	Europe	88%	90%	96%	91%
Knut and Alice Wallenberg Foundation	KAW	Sweden	Europe	94%	95%	96%	92%
Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab	J-PAL	USA	North America	89%	98%	91%	92%
Howard Hughes Medical Institute	HHMI	USA	North America	95%	95%	95%	93%
Department for International Development, UK	DFID	UK	Europe	94%	93%	94%	93%
Dutch Heart Foundation	DHF	Netherlands	Europe	96%	96%	97%	93%
World Cancer Research Fund, UK	WCRF	UK	Europe	94%	95%	94%	93%
Autism Science Foundation, USA	ASF	USA	North America	92%	94%	95%	93%

Netherlands Organisation for Scientific Research	NWO	Netherlands	Europe	96%	96%	96%	94%
UK Natural Environment Research Council	NERC	UK	Europe	94%	94%	94%	94%
Bill & Melinda Gates Foundation	BMGF	USA	North America	95%	95%	95%	94%
CGIAR	CGIAR	International (France HQ)	International	95%	94%	96%	94%
Gordon and Betty Moore Foundation	GBMF	USA	North America	94%	94%	94%	94%
African Academy of Sciences	AAS	International (Kenya HQ)	International	96%	95%	91%	94%
UK Science and Technology Facilities Council	STFC	UK	Europe	96%	97%	98%	95%
Swedish National Space Agency	SNSA	Sweden	Europe	94%	98%	94%	95%
Dam Foundation, Norway	Dam Fdn	Norway	Europe	91%	95%	98%	95%
Swedish Farmers' Foundation for Agricultural Research	SLF	Sweden	Europe	92%	93%	96%	95%
Brain Tumour Charity, UK	BTC	UK	Europe	97%	97%	98%	96%
Children's Investment Fund Foundation	CIFF	UK	Europe	95%	98%	99%	96%
Jules Thorn Trust, UK	JTT	UK	Europe	98%	98%	96%	96%
Brain Research, UK	Brain Research UK	UK	Europe	96%	97%	98%	97%
Human Milk Foundation, UK	HMF	UK	Europe	-	100%	-	100%
Stiftelsen Skogssällskapet, Sweden	Skogssällskapet	Sweden	Europe	100%	-	-	100%
Lymph&Co Foundation, NL	Lymph&Co	Netherlands	Europe	-	-	100%	100%
Grace Kelly Childhood Cancer Trust, UK	GKCCT	UK	Europe	-	-	100%	100%
Bikkja Trust, UK	Bikkja Trust	UK	Europe	100%	-	-	100%

Overall Compliance Levels and Regional Variations

- **High Compliance Cluster (Often >85%):** A substantial portion of European funders exhibit strong compliance rates, both overall and annually. Notably, the Netherlands' Organisation for Scientific Research (NWO) reports a 94% compliance rate. In the UK, various UK Research and Innovation (UKRI) councils show high compliance, with the Science and Technology Facilities Council (STFC) at 95%, the Natural Environment Research Council (NERC) at 94%, and the Economic and Social Research Council (ESRC) at 90%. However, some UK bodies have reported recent compliance declines. Switzerland's Swiss National Science Foundation (SNSF) achieves 88% compliance. The Nordic countries are also well represented, with Norway's Research Council at 87%, Finland's Academy at 89%, and Sweden's Research Council at 74% (noting recent improvements). Other notable European funders include Austria's Science Fund (FWF) at 88%, France's Agence Nationale de la Recherche (ANR) at 91%, the European Commission (EC) at 88%, and Germany's Helmholtz Association at 86%. Additionally, private foundations such as the Howard Hughes Medical Institute

(HHMI) and the Bill & Melinda Gates Foundation demonstrate high compliance at 93% and 94%, respectively, along with Sweden's Knut and Alice Wallenberg Foundation at 92%.

- **Moderate Compliance Cluster (Often 60-85%):** The group encompasses various funders primarily from North America, Australia, and Europe. In the USA, significant contributions are noted from the National Institutes of Health (NIH, 75%), Department of Energy (DOE, 73%), National Science Foundation (NSF, 63%), NASA (68%), and USDA (89%). Canadian funding is represented by the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC, 54%), Canadian Institutes of Health Research (CIHR, 63%), and Social Sciences and Humanities Research Council (SSHRC, 46%), with SSHRC being on the lower end of moderate/low funding. Australia contributes through the Australian Research Council (ARC, 76%) and the National Health and Medical Research Council (NHMRC, 68%). European agencies include the Government of Spain (80%), Government of Italy (82%), and Fundação para a Ciência e a Tecnologia of Portugal (77%).

- **Low Compliance Cluster (Often < 60%):** National funders from various regions include: China (NSFC 50%, CAS 59%), India (DST 56%, CSIR 57%, DBT 69%), other Asia/Pacific (Research Grants Council 46%, National Research Foundation 49%), Africa (National Research Foundation 47%), and the USA (Department of Education 18%, Department of Defense 49%, Office of the Director of National Intelligence 49%). Notably, Turkey's TUBITAK has a funding rate of only 1%.

Temporal Trends (2021-2023)

- **Notable Declines:** Between 2021 and 2023, funding from several prominent UK sources showed significant declines: the UK Medical Research Council decreased from 95% to 69%, the UK Biotechnology and Biological Sciences Research Council from 94% to 64%, and Action on Hearing Loss from 86% to 64%. In India, funding also consistently declined, with the Department of Science and Technology decreasing from 54% to 47%, the Council of Scientific and Industrial Research from 53% to 46%, and the Department of Biotechnology from 66% to 59%. In the USA, the Institute of Education Sciences fell from 63% to 48% during the same period.

- **Notable Increases:** Australia's primary funding agencies showed consistent growth: ARC increased from 74% to 80% and NHMRC from 69% to 80%. In Canada, CIHR improved from 72% to 77% and SSHRC from 48% to 56%. Portugal's FCT rose from 76% to 82%. Meanwhile, Argentina's government funding remained largely unchanged at 53%, rising slightly to 56%.

- **Stable Performance:** Many high-compliance European funders, such as NWO, SNSF, ANR, and the Austrian Science Fund, maintained stability, while several low-compliance funders, including the US Dept of Education, RGC Hong Kong, and TUBITAK Turkey, also exhibited little change.

○

Continent-Wise Analysis of Public Access Mandate Compliance (2021-2023)

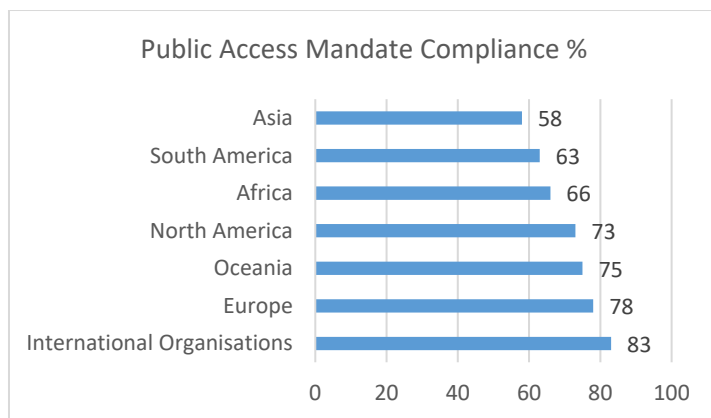


Chart 1: Continent-Wise Analysis of Public Access Mandate Compliance (2021-2023)

Table 2: Continent-Wise Analysis of Public Access Mandate Compliance (2021-2023)

Continent	Overall Compliance Level	Key Characteristics & Trends (2021-2023)
Europe	Predominantly High	Generally highest rates globally, often >85-90% (esp. N/W Europe). Many funders show stable high compliance (e.g., NWO, SNSF, ANR). Notable recent sharp declines for some major UK funders (e.g., MRC, BBSRC).
North America	Variable	USA: High internal variation; moderate-to-high for NIH, DOE, major foundations; significantly lower for NSF, DoD, DoEd. Canada: Moderate, generally increasing compliance trends (e.g., CIHR, SSHRC). Bahamas: Templeton WC Foundation shows high compliance.
Asia	Generally Lower	Compliance often in the 40-60% range (China, India, HK, Singapore, Japan). Turkey (TUBITAK) extremely low (~1%). Indian funders showed consistent decline. Others relatively stable at lower levels.
Oceania	Moderate & Increasing	Australian funders (ARC, NHMRC, MRFF) showed steady increases, reaching ~80% or higher. New Zealand data limited (one funder, 2023 only) but moderate (72%).
South America	Moderate to Lower	Limited data points. Argentina showed slight increase but remained in the 50s%. Brazil stable around 60%.
Africa	Lower to Moderate	Very limited data points. South Africa stable around 50%. Ethiopia showed high but decreasing compliance (from >90% towards low 80s%).
International Organizations	Generally High	Includes bodies like CGIAR, HFSP, AAS, WHO, Nordforsk, EMBL, EDCTP. Often headquartered in Europe/NA. Compliance often comparable to top European national funders (>85-90%).

There is a clear geographical disparity in reported public access compliance. Europe leads significantly, followed by North America (with high internal variation) and Oceania. Asia, South America, and Africa generally lag behind, based on the available data. International organizations tend to perform well. Recent trends suggest improvement in some regions (Oceania, Canada) but concerning declines in others (UK, India). These patterns likely reflect differences in policy maturity, enforcement strength, infrastructure availability, and potentially variations in how Google Scholar captures data across regions.

Overall vs. Recent Data Discrepancies

In several cases, the "Overall" compliance rate appears influenced by historical performance. For instance, the UK MRC's 86% overall rate contrasts sharply with its 69% rate in 2023.

Conversely, SSHRC Canada's recent increase to 56% is not yet fully reflected in its 46% overall rate. This suggests the "Overall" metric incorporates data preceding 2021.

Missing Data

Data points were missing for several funders, particularly smaller organizations or for the year 2021 (e.g., Japan Science and Technology Agency, Health and Care Research Wales). This limits the completeness of the trend analysis for these specific bodies.

Discussion

Analysis of Google Scholar's compliance data indicates regional disparities in adherence to public access mandates. High compliance in Europe is linked to strong open access policies and established infrastructures like Europe PMC. In contrast, North America's mixed performance, especially in the US, reflects fragmented federal mandates and varying resource allocation. Countries such as China, India, South Africa, and Hong Kong exhibit lower compliance due to newer mandates and indexing limitations. Declines in UK compliance raise concerns about policy impacts, while Canada and Australia show improvements, suggesting effective policy awareness efforts. The findings urge funders to revisit enforcement strategies and provide clearer guidance to researchers on compliance. Overall, Google Scholar's data should be interpreted as indicators rather than definitive compliance measures.

Conclusion

This analysis of funder public access compliance data from Google Scholar Metrics (2021-2023) indicates significant global variability. European funders show high compliance rates, while some major UK and Indian bodies have recently declined, with improvements in Australia and Canada. The study emphasizes the importance of large-scale monitoring and cautions against fully relying on automated data collection from Google Scholar, which may not reflect the nuances of mandate compliance. Improving compliance with public access mandates is vital for enhancing Open Access, necessitating a critical, multi-faceted monitoring approach.

References

- Borrego, Á., Anglada, L., & Abadal, E. (2021). Transformative agreements: Do they pave the way to open access? *Learned Publishing*.
- Bornmann, L., & Daniel, H.-D. (2008). What do citation counts measure? A review of studies on citing behavior. *Journal of Documentation*.
- Dalhousie Libraries Blog. (2021, June 18). *What does this new Google Scholar "Public Access" feature mean for me or my work?* <https://blogs.dal.ca/libraries/2021/06/what-does-this-new-google-scholar-public-access-feature-mean-for-me-or-my-work/>
- European Commission. (n.d.). *Horizon Europe open-access requirements*.
- Gargouri, Y., Larivière, V., Gingras, Y., Carr, L., & Harnad, S. (2012). Green and gold open access percentages and growth, by discipline. *PLOS ONE*.
- Google Scholar Blog. (2021, March 23). *Track and manage your public access mandates*. <https://scholar.googleblog.com/2021/03/track-and-manage-your-public-access.html>
- Google Scholar Metrics Help. (n.d.). *Google Scholar Metrics*.
- Google Scholar Profiles Help. (n.d.). *Public Access*. Retrieved April 14, 2025, from <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/citations.html#publicaccess>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

- Larivière, V., Haustein, S., & Mongeon, P. (2015). The oligopoly of academic publishers in the digital era. *PLOS ONE*.
- Larivière, V., & Sugimoto, C. R. (2018). Do authors comply when funders enforce open access to research? *Nature*, 562(7728), 483–486.
- Larivière, V., & Sugimoto, C. R. (2018). Do global funders mandate open access to funded research? *Nature*.
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., & López-Cózar, E. D. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations received by articles in 26 subject areas. *Journal of Informetrics*.
- National Institutes of Health. (n.d.). *Updated NIH Public Access Policy*.
- OECD. (n.d.). *Reports on open science and public research funding*.
- Open Access Network. (n.d.). *cOAlition S and Plan S principles and implementation guidance*.
- Piwowar, H., Priem, J., Orr, R., et al. (2018). The state of OA: A large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles. *PeerJ*.
- Public Access Mandates - Google Scholar Metrics. (2025). Google.Com. https://scholar.google.com/citations?view_op=mandates_leaderboard&hl=en
- Suber, P. (2012). *Open access*. MIT Press.
- Swan, A., & Brown, S. (2005). *Open access self-archiving: An author study*.
- Swan, A., Gargouri, Y., Hunt, M., & Harnad, S. (2015). *Open access policy: Numbers, analysis, effectiveness*. Pasteur4OA Project.
- Tay, A. (2021, April 30). *Google Scholar is now tracking researchers' compliance to public access mandates*. Singapore Management University Library Insights. <https://library.smu.edu.sg/topics-insights/google-scholar-now-tracking-researchers-compliance-public-access-mandates>
- Thelwall, M., & Kousha, K. (2008). Academics' online books: An exploratory study and a proposed model.
- UNESCO. (2021). *UNESCO recommendation on open science*.
- United States Office of Science and Technology Policy. (2022). *Public access memorandum*.
- Vincent-Lamarre, P., Boivin, J., Gargouri, Y., Larivière, V., & Harnad, S. (2016). Estimating open access mandate effectiveness: A big data study of the post-2008 Conseil Européen de la Recherche mandate. *Journal of the Association for Information Science and Technology*.
- Xia, J., Myers, R. L., & Wilhoite, S. K. (2020). Do open access mandates work? A systematized review of the literature on open access publishing rates. *Journal of Librarianship and Scholarly Communication*, 8(1), eP12312.
- Xia, J., et al. (2012). A review of open access self-archiving mandates. *The Journal of Academic Librarianship*.
- Publisher embargoes and institutional repositories: A case study of journal articles subject to an Australian funder mandate*. (2021). *Information Research*.
- The practical implementation of open access policies and mandates in Spanish public universities*. (2021). *Scientometrics*.

FAECAL SHORT-CHAIN FATTY ACIDS IN RATS AND THEIR IMPORTANCE

RATLARDA FEKAL KISA ZİNCİRLİ YAĞ ASİTLERİ VE ÖNEMİ

Emsalnur AÇIKGÖZ

Doktora Öğrencisi, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı

ORCID: 0009-0001-4232-7365

Beyza SUVARIKLI ALAN

Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı

ORCID: 0000-0003-4698-9291

Seyfullah HALİLOĞLU

Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı

ORCID: 0000-0001-8269-9668

ÖZET

Kısa zincirli yağ asitleri, diyetle alınan sindirilemeyen liflerin bağırsak mikrobiyotası tarafından fermentasyonu sonucunda oluşan metabolitlerdir. Bu fermentasyon süreci insanlarda ağırlıklı olarak kolonda, ratlarda ise başlıca sekumda gerçekleşmektedir. Oluşan kısa zincirli yağ asitleri, bağırsak epitel bütünlüğünün sürdürülmesi, inflamatuvar yanıtın modülasyonu ve enerji metabolizmasının düzenlenmesi gibi birçok fizyolojik süreçte önemli rol oynamaktadır.

Fekal örneklerin noninvaziv yöntemlerle kolaylıkla toplanabilmesi ve canlı üzerinde operatif bir müdahale gerektirmemesi, araştırmalarda kısa zincirli yağ asitlerinin fekal örnekler üzerinden analizini avantajlı ve yaygın olarak tercih edilen bir yaklaşım hâline getirmektedir.

Mikrobiyota ile doğrudan ilişkili olan bu metabolitler, bağırsak mikrobiyotasını etkileyen çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Kısa zincirli yağ asidi düzeylerindeki en belirgin değişiklikler özellikle diyet değişiklikleri ve bağırsakla ilişkili hastalık durumlarında gözlenmektedir. Kısa zincirli yağ asitlerinin önemli bir kısmı bağırsaklardan emildiğinden, bu değişimlerin değerlendirilmesi amacıyla bazı çalışmalarda dolaşımdaki düzeyleri de analiz edilebilmektedir. Bununla birlikte, deneysel çalışmalarda kısa zincirli yağ asitlerinin esas üretim bölgesi olan sekum içeriğinden gerçekleştirilen ölçümler, lokal üretimin değerlendirilmesi açısından daha kapsamlı bilgi sağlamaktadır. Fekal örneklerden gerçekleştirilen analizler, canlı üzerinde invaziv bir girişim gerektirmemesi, seri örnekleme yapılmasına olanak sağlaması ve örnek elde etme sürecinin kolay olması nedeniyle önemli avantajlar sunmaktadır.

Bu derlemenin amacı, dışkıda kısa zincirli yağ asitlerinin ölçümünde kullanılan güncel analitik yöntemleri, örnek hazırlama süreçlerini, analiz öncesi değişkenleri ve yöntemlerin avantaj ile sınırlılıklarını kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Fekal örneklerden kısa zincirli yağ asitlerinin ölçümü, bağırsak mikrobiyotasının fonksiyonel kapasitesini değerlendirmede klinik potansiyele sahip bir yaklaşımdır. Analitik teknolojilerdeki gelişmeler sayesinde ölçüm doğruluğu ve duyarlılığı artmış olmakla birlikte, örnek hazırlama ve analiz yöntemlerinde standardizasyonun sağlanması gelecekteki araştırmaların öncelikli hedeflerinden biri olmalıdır.

Standart analiz protokollerinin oluşturulması, kısa zincirli yağ asitlerinin klinik biyobelirteç olarak kullanımını güçlendirecek ve mikrobiyota temelli tanı ile tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kısa Zincirli Yağ Asitleri, Fecal Analiz, Rat, Mikrobiyota

ABSTRACT

Short-chain fatty acids (SCFAs) are metabolites produced through the fermentation of indigestible dietary fibers by the gut microbiota. This fermentation process occurs predominantly in the colon in humans and primarily in the cecum in rats. The resulting SCFAs play essential roles in numerous physiological processes, including the maintenance of intestinal epithelial integrity, modulation of inflammatory responses, and regulation of energy metabolism.

The ease of collecting fecal samples using non-invasive procedures without requiring surgical intervention has made fecal SCFA analysis a practical and widely preferred approach in both experimental and clinical research.

As metabolites closely associated with the gut microbiota, SCFA concentrations are influenced by various factors affecting microbial composition and activity. The most pronounced alterations in SCFA levels are observed in response to dietary changes and intestinal diseases. Since a substantial proportion of SCFAs is absorbed through the intestinal epithelium, circulating SCFA concentrations have also been analyzed in some studies to evaluate these alterations. However, in experimental animal studies, measurements obtained from cecal contents, the primary site of SCFA production, provide more comprehensive information regarding local SCFA production. Nevertheless, fecal SCFA analysis offers significant advantages, including its non-invasive nature, the feasibility of serial sampling, and the simplicity of sample collection.

The aim of this review is to comprehensively evaluate the current analytical methods used for the determination of fecal SCFAs, sample preparation procedures, pre-analytical variables, and the advantages and limitations of the available methodologies. The quantification of SCFAs in fecal samples represents a promising approach for assessing the functional capacity of the gut microbiota. Although advances in analytical technologies have substantially improved the accuracy and sensitivity of SCFA measurements, the standardization of sample preparation and analytical procedures remains a major priority for future research. The establishment of standardized analytical protocols will strengthen the application of SCFAs as clinical biomarkers and contribute significantly to the development of microbiota-based diagnostic and therapeutic strategies.

Keywords: Short-Chain Fatty Acids, Fecal Analysis, Rats, Gut Microbiota

GİRİŞ

Mikrobiyota; bakteri, virüs, protozoa ve arkea gibi çeşitli mikroorganizmaları içeren kompleks bir ekosistemdir (Mirzaei ve ark., 2021). Memelilerde karnivor, omnivor, herbivor, frugivor ve folivor gibi farklı beslenme tiplerine bağlı olarak mikroorganizma çeşitliliği ve oranlarında belirgin farklılıklar gözlenir (Ley ve ark., 2008). Bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunun farklı türlerle karşılaştırıldığında aynı türe ait bireyler arasında daha yüksek benzerlik gösterdiği (Wu ve ark., 2022), omnivorlarda tanımlanan toplam mikrobiyal tür sayısının en yüksek olduğu, buna karşın bireysel örnek düzeyinde değerlendirilen alfa çeşitliliği ve tür zenginliğinin

herbivorlarda en yüksek, omnivorlarda orta ve karnivorlarda en düşük olduğu (Cheng ve ark., 2025), filogenetik olarak yakın türler arasında benzerliğin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda, fare ve ratların bağırsak mikrobiyotasının insan bağırsak mikrobiyotası ile benzerliği de oldukça yüksektir (Flemer ve ark., 2017). Aynı zamanda özellikle monozigotik ikizler olmak üzere genetik olarak yakın bireylerin mikrobiyota kompozisyonunun benzerlik düzeylerinin yüksek oluşu dikkat çekici bulunmuştur (de Vos ve de Vos 2012). Gelişmiş organizmalarda mikrobiyal hücre sayısının konak organizmanın toplam hücre sayısına yakın olduğu ve bu mikrobiyal popülasyonun büyük bir bölümünün gastrointestinal sistemde yer aldığı bildirilmektedir (Sender ve ark., 2016).

Hayvanlar ve insanlarda bağırsak mikrobiyal kolonizasyonunun fetal dönemde büyük ölçüde steril olduğu kabul edilir. Doğumla birlikte, annenin vajinal ve intestinal kaynaklı mikrobiyotasından kaynaklanan mikroorganizmalar yeni doğanın bağırsak sistemine yerleşerek ilk mikrobiyal kolonizasyon sürecini başlatır (Topping ve Clifton 2001). Bu süreç sonucunda her konak, çeşitli faktörlerin etkisiyle özgün bir mikrobiyal kompozisyon oluşturmaktadır (de Vos ve de Vos 2012). Tüketilen besinler sadece konak sindirim enzimleri tarafından değil, aynı zamanda bağırsak mikrobiyotası tarafından da metabolize edilir. Gastrointestinal mikroorganizmalar redüktazlar, hidrolazlar, demetilazlar, α -glukuronidazlar ve α -glukozidazlar gibi çok sayıda biyotransformasyon enzimlerini içermektedir (Haschek ve ark., 2010). Memeliler, uzun zincirli yapısal karbonhidratları tek başlarına parçalayamadıkları için sindirimde mikrobiyal fermentasyon büyük bir avantaj sağlamaktadır (Bergman 1990). Konak tarafından sindirilemeyen kompleks polisakkaritlerin, özellikle diyet lifi ve dirençli nişasta gibi substratların, bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilmesi sonucu oluşan kısa zincirli yağ asitleri (short-chain fatty acid, SCFA) bir ila altı karbon atomu içeren alifatik zincire sahip karboksilik asitlerdir (Topping ve Clifton 2001, O’Riordan ve ark., 2022). Fermente edilebilir lif alımının yetersiz olduğu durumlarda, mikrobiyota enerji kaynağı olarak endojen veya diyetle alınan proteinleri ve yağları da kullanabilir. Ancak bu durumda mikrobiyal fermentasyon profili değişmekte ve toplam SCFA üretimi azalmaktadır. Protein fermentasyonu ile de oluşan SCFA’lar, özellikle izobütirat, 2-metilbütirat ve izovalerat gibi dallı zincirli yağ asitleridir. Bu bileşikler, yalnızca valin, lösin ve izölösin gibi dallı zincirli amino asitlerin mikrobiyal fermentasyonu ile oluşmaktadır (Koh ve ark., 2016).

Karbonhidratların SCFA’lara dönüşümü, farklı metabolik yollara sahip karmaşık mikrobiyal topluluklar tarafından gerçekleştirilir. Asetat üretimi, asetil-CoA’nın doğrudan asetata dönüşümü ve asetojenik bakterilerde görülen Wood–Ljungdahl yolu olmak üzere temel olarak iki yol üzerinden gerçekleşir. Wood–Ljungdahl yolunda karbondioksit (CO_2) indirgenerek karbonmonoksit (CO) oluşur ve metil grupları ile koenzim A birleşerek asetil-CoA sentezlenir. Propiyonat üretimi üç temel yol üzerinden gerçekleşir. Bunlar süksinat yolu, akrilat yolu ve propandiol yoludur. Süksinat yolu aracılığıyla üretim süksinatın metilmalonil-CoA’ya dönüşümü üzerinden gerçekleşir. Bu yol başlıca *Bacteroides*, *Akkermansia*, *Prevotella*, *Alistipes*, *Ruminococcus* ve *Dialister* türleri tarafından yürütülmektedir. Akrilat yolu laktat öncüllü olup, *Coprococcus*, *Clostridium* ve *Megasphaera* türleri ile ilişkilidir. Propandiol yolu ise *Roseburia*, *Lachnospiraceae*, *Eubacterium* ve *Blautia* gibi bakteriler tarafından deoksi şekerlerin (fukoz ve ramnoz gibi) fermentasyonu ile gerçekleştirilir. Bütirat üretimi esas olarak bütiril-CoA üzerinden gerçekleşmekte olup, *Clostridium*, *Faecalibacterium*, *Eubacterium*, *Roseburia* ve *Butyrivibrio* türleri başlıca üretici bakterilerdir. Bu süreçte iki molekül asetil-CoA kondanse olarak bütiril-CoA oluşturur ve ardından bütirat sentezi gerçekleşir (Thulasianathan ve ark., 2025). Bağırsak bakterileri laktat ve asetatı da substrat olarak kullanarak bütirat üretimini sürdürebilmektedir. Bu mekanizma, laktat birikimini önleyerek bağırsak ortamının stabilitesine katkı sağlar. Ayrıca bazı bakteriyel türlerin lizin metabolizması yoluyla protein kökenli substratlardan da bütirat üretebildiği öne sürülmüştür (Koh ve ark., 2016).

Kısa zincirli yağ asitleri

Ratlarda sekum, oldukça gelişmiş bir fermantasyon organı olup mikrobiyal metabolizma açısından yüksek aktivite göstermektedir (Haschek ve ark., 2010, Vdoviacová ve ark., 2016). Kısa zincirli yağ asitlerinin başlıca üretim bölgesi sekum olmakla birlikte kolon ve kalın bağırsağın diğer segmentlerinde de sentez gerçekleştirilebilmektedir (Rechkemmer ve ark., 1988, Knapp ve ark., 2013). Bu türlerde cinsiyet ve diyet içeriğinden bağımsız olarak sekumdan distal kolon segmentlerine doğru SCFA düzeylerinde gözlenen azalmanın, SCFA üretiminin başlıca sekumda gerçekleşmesi ve oluşan metabolitlerin kolon boyunca progresif olarak emilmesi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Çelik ve ark., 2025).

Türler arasında morfolojik farklılık gösteren sekum, diyetle alınan bileşikler detoksifiye eden veya biyolojik olarak aktif formlara dönüştüren ve vitamin sentezine katkıda bulunan metabolik olarak aktif bir mikrobiyal ekosistem içerir. Kemirgenlerde sekum büyüklüğünün antibiyotikler, modifiye nişastalar, sorbitol ve mannitol gibi poliollere, bazı diyet liflerine ve laktoz gibi besin bileşenlerine duyarlı olduğu bildirilmiştir (Berthram 2002). Choi ve ark. (2021) 6, 31, 74 haftalık ve 2 yaşındaki erkek Fischer ratların sekum içeriğini asetat ve bütirat yönünden karşılaştırdığında bütirat düzeyinin yaşla birlikte azaldığını, asetat düzeyinin ise 74 haftaya kadar azaldığını, 2 yaşında ise 74 haftalık konsantrasyonun yaklaşık 2 katına kadar ulaştığını belirlemiştir.

Bağırsakta üretilen SCFA'ların %95'inden fazlasını asetat, propiyonat ve bütirat oluşturmakta olup, bunların oranı yaklaşık 60:20:20 şeklindedir. Geriye kalan %5'lik kısmı ise valerat, izovalerat, kaproat, izokaproat, süksinat ve diğer kısa zincirli bileşiklerden oluşmaktadır (Tungland 2018, O'Riordan ve ark., 2022). SCFA'ların üretim oranları genel olarak sabit kabul edilse de mikrobiyotik kompozisyonu, diyet, konak genotipi ve bağırsak segmentine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu metabolitlerin düzeyleri, mikrobiyal aktivitenin ve diyet-mikrobiyotik etkileşiminin değerlendirilmesinde yararlı göstergeler olarak kabul edilmektedir (Kleessen ve ark., 1997, Cong ve ark., 2022). Segers ve ark. (2019), SCFA düzeylerinin gün içindeki değişimini değerlendirmek amacıyla, 24 saatlik periyot boyunca 4 saatlik aralıklarla sakrifiye edilen farelerin distal kolonlarından elde edilen fekal örneklerde SCFA analizlerini gerçekleştirdikleri çalışmalarında, ortalama fekal asetat konsantrasyonunun propiyonat ve bütirat konsantrasyonlarından yaklaşık 10 kat daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Ayrıca asetat, propiyonat ve bütirat düzeylerinin tamamının istatistiksel olarak anlamlı diyet ritim sergilediği gözlenmiştir. Tahara ve ark. (2018), erkek farelerde sekum SCFA'ların sirkadiyen değişimini incelemişler ve asetat ile bütirat konsantrasyonlarının karanlık fazın başlangıcında daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu artışa paralel olarak, organik asit üretimindeki yükselmeye bağlı olarak sekum pH değerinin aynı zaman diliminde daha düşük olduğunu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca sekum asetat ve bütirat düzeylerinin belirgin gündüz-gece dalgalanmaları sergilediği ve bu metabolitlerin farelerin aktif beslenme dönemine karşılık gelen karanlık fazda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu görülmüştür.

Fekal örneklerden ve sekum içeriğinden SCFA ölçümü gerçekleştiren çalışmalarda, normal yemle beslenen hayvanlarda farklı sonuçların bildirildiği görülmektedir. Ölçümlerde kullanılan cihaz ve analiz yöntemlerindeki farklılıkların yanı sıra, konsantrasyon değerlerinin ifade edilmesinde kullanılan birimlerin değişkenlik göstermesi, çalışmalar arasında standardizasyonun sağlanmasını güçleştirmektedir (Høverstad ve Midtvedt 1986, Zhao ve ark., 2016, Cai ve ark., 2017).

Kalın bağırsaktaki geçiş süresinin uzaması, protein fermantasyonunun artmasına bağlı olarak mikrobiyal metabolit profilinde değişikliklere neden olmaktadır. Yaş, diyet, hastalık durumu, ilaç kullanımı, antibiyotik maruziyeti, hormonal ve nöroendokrin faktörler ile doğum şekli gibi

birçok konak faktörü bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunu ve dolayısıyla SCFA üretimini etkileyebilmektedir (Macfarlane ve Macfarlane 2003, Mann ve ark., 2024).

Kolonositler SCFA'ları sodyuma bağımlı ve proton bağımlı monokarboksilat taşıyıcılar aracılığıyla absorbe eder. Emilen SCFA'ların büyük kısmı portal dolaşımla karaciğere taşınarak enerji metabolizmasında kullanılır, yalnızca küçük bir kısmı sistemik dolaşıma katılır (Cheng ve ark., 2024). Bağırsaktan emilen propiyonat karaciğerde metabolize edilirken, asetat sistemik dolaşıma katılabilir veya periferik dokulara taşınabilir. Bütirat ise başlıca kolonositler tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Tan ve ark., 2014). Roediger (1982), kolonositlerin temel enerji kaynağının glikoz değil bütirat olduğunu ortaya koyarak bağırsak mikrobiyotası ile kolon mukozası arasındaki simbiyotik ilişkiyi tanımlamıştır. Farklı SCFA'ların bağırsaktaki dağılımı da bölgesel farklılık göstermektedir. Asetat ve propiyonat tüm bağırsak boyunca yaygınken, bütirat daha çok kolon ve sekumda yoğunlaşmaktadır (Vogt ve ark., 2015).

Kısa zincirli yağ asitleri yalnızca bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda önemli düzenleyici ve sinyal molekülleridir. Belirli koşullar altında apoptozu indükleyerek hücre proliferasyonunu kontrol edebilirler (Schönfeld ve Wojtczak 2016). SCFA'lar hücrelerdeki histon deasetilaz (HDAC) aktivitesini inhibe ederek hedef hücrelerdeki gen ifadesini modüle etmektedir. Bütiratlar histon deasetilazların en güçlü SCFA inhibitörüdür. SCFA aracılı histon deasetilazların inhibisyonundan kaynaklanan histonların hiperasetilasyonu kromatin yapısını değiştirmektedir. Histon hiperasetilasyonunun transkripsiyon faktörlerinin belirli genlere erişilebilirliğini değiştirebilmesi ile SCFA aracılı olarak gen ekspresyonunda değişikliklere neden olmaktadır (Natarajan ve Pluznick 2014). Ayrıca SCFA'ların gastrointestinal fonksiyonlar, kan basıncı düzenlenmesi, sirkadiyen ritimler, doğuştan ve adaptif bağışıklık yanıtları ile merkezi sinir sisteminde mikroglia olgunlaşması ve astrosit gen ekspresyonunun cinsiyete bağlı düzenlenmesi gibi çok sayıda fizyolojik süreçte rol oynadığı bildirilmektedir (O'Riordan ve ark., 2022).

FEKAL ÖRNEKLERDE SCFA ANALİZİ

Fekal örneklerde belirlenen SCFA düzeylerinin, konak organizmadaki gerçek SCFA miktarını ve dağılımını ne ölçüde yansıttığı konusu literatürde hâlen tartışılmaktadır. Özellikle merkezi sinir sistemi (MSS) ve beyin ile ilişkili çalışmalarda, serum ve beyin dokusundaki SCFA düzeylerinin de değerlendirildiği bildirilmektedir (Li ve ark., 2021).

SCFA'ların uçucu yapıda olmaları nedeniyle analizde yaşanacak gecikmeler analit kaybına yol açabilmektedir. Analiz edilecek fekal örnekler taze olarak toplanmalı ve mümkün olan en kısa sürede analiz edilmeli; aksi durumda örnekler -80 °C'de dondurularak uygun koşullarda muhafaza edilmelidir. Uygun saklama koşulları hem uçucu bileşiklerin stabilitesinin korunmasını hem de mikrobiyal aktivitenin minimal düzeyde tutulmasını sağlamaktadır (Hoving ve ark., 2018).

Biyolojik örneklerde SCFA analizinde çeşitli analitik yöntemler kullanılmaktadır. Yöntemler arasında ultraviyole (UV) dedektörü veya elektrokimyasal dedektör (ECD) ile yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), kütle spektrometrisi (MS) veya alev iyonizasyon dedektörü (FID) ile kombine gaz kromatografisi (GC-MS), nükleer manyetik rezonans (NMR), sıvı kromatografisi (LC) ve kapiller elektroforez (CE) yer almaktadır. Son yıllarda daha hızlı ve hassas analiz yöntemleri geliştirilmiş olmakla birlikte fekal SCFA kantitasyonu için en yaygın kullanılan yöntemin gaz kromatografisi (GC) olduğu bildirilmiştir (Primec ve ark., 2017, Vinelli ve ark., 2022).

Kısa zincirli yağ asitlerinin analizi, yüksek uçuculuk ve hidrofilik özellikleri nedeniyle çeşitli analitik güçlükler içermektedir. Özellikle dışkı gibi karmaşık biyolojik örneklerde matriks

etkileri nedeniyle güvenilir analiz için kromatografik ayırım gereklidir. Ancak hidrofilik yapıları, formik asit içeren su-asetonitril mobil fazının kullanımını sınırlandırırken; formik ve asetik asitlerin SCFA bileşenleri arasında yer alması, bu maddelerin iyonizasyonu artırıcı katkılar olarak kullanılmasını engellemektedir. Bu kısıtlılıklar, SCFA'ların doğru, hassas ve güvenilir kantitatif analizini zorlaştırmaktadır (Rohde ve ark., 2022).

Küçük ve uçucu moleküllerin analizinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri gaz kromatografisi-kütle spektrometrisidir (GC-MS) (Hoving ve ark., 2018). GC-MS, SCFA'ların tespitinde yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlayan güçlü bir yöntem olmakla birlikte, numune hazırlama aşamasının zaman alıcı olması ve yöntemin sınırlı sayıda biyolojik örneğe uygulanabilmesi önemli dezavantajlar arasında yer almaktadır (Trivedi ve ark., 2022).

GC-MS'ye ek olarak nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi (Hoving ve ark., 2018), gaz kromatografisi (GC) ve kütle spektrometrisi ile birleştirilmiş ters fazlı sıvı kromatografisi (RP-LC-MS) gibi analitik teknikler, SCFA'ların analizinde yaygın olarak kullanılan alternatif yöntemler arasındadır. Biyolojik sıvılarda eser düzeyde bulunan SCFA'ların belirlenmesinde özellikle LC-MS/MS tabanlı biyolojik analiz yöntemlerinin kullanımı yüksek hassasiyet, özgüllük ve düşük tespit limitleri sağlaması nedeniyle son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir (Trivedi ve ark., 2022).

HPLC, SCFA'ların analizinde kullanılan önemli yöntemlerden biri olup, gaz kromatografisine (GC) etkili bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. HPLC'nin GC'ye kıyasla başlıca avantajı, analizlerin daha düşük çalışma sıcaklıklarında gerçekleştirilebilmesidir. Nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi ise mutlak ölçüm sağlayabilen, tahribatsız, tekrarlanabilir ve objektif bir analiz yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, özellikle karmaşık biyolojik örneklerde bulunan farklı metabolitlerin kimyasal bileşim ve konsantrasyonlarının eş zamanlı olarak izlenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Metabolit konsantrasyonlarının belirlenmesinde mikromolar (μM) düzeyinde tespit limitlerine ulaşabilmesi, NMR'yi kapsamlı ve yeterli hassasiyete sahip bir teknik haline getirmiştir. Metabolik profillemeye olarak adlandırılan, hızlı, stabil ve yüksek düzeyde tekrarlanabilir metabolik profillerin elde edilmesine olanak sağlayan NMR yöntemi, minimum düzeyde numune ön işleme gerektirmesi nedeniyle de diğer yöntemlere oranla avantaj sunmaktadır. Bununla birlikte, karmaşık biyolojik materyallerden çok sayıda metabolitin etkin şekilde ekstrakte edilebilmesi için numune hazırlama süreçlerinin optimize edilmesi gerekmektedir (Primec ve ark., 2017).

SCFA RESEPTÖRLERİ

Mikrobiyota konak canlıyla bağırsaklardan kan dolaşımına emilerek geçen SCFA'ların konakçı G proteinine bağlı reseptörler (GPCR'ler) tarafından algılanmasıyla iletişim kurar. Dört SCFA reseptörü tanımlanmış olup, bunlar Gpr41 (serbest yağ asidi reseptörü 3, Ffar3), Gpr43 (serbest yağ asidi reseptörü 2, Ffar2), Gpr109a ve Olfr78 (koku reseptörü 78)'dir. Gpr43 ve Gpr41 en iyi incelenmiş SCFA reseptörleridir. Gpr41 formiyat, asetat, bütirat, izobütirat ile bağ yapabilir de özellikle propiyonata duyarlıdır. Gpr41 gibi, Gpr43'ün de propiyonata en duyarlı reseptör olduğu belirlenmiştir. Gpr43 bağırsak mikrobiyotası tarafından üretilen SCFA'lara yanıt olarak konakçının inflamatuvar yanıtlarını düzenler. Olfr78, asetat ve propiyonata yanıt verir ancak bütirata yanıt vermezken, Gpr109A yalnızca bütirata yanıt verir. Hem Olfr78 hem de Gpr41 bağırsak mikrobiyotasından türetilen SCFA'ları algılayarak kan basıncını düzenlemede etkili rol oynamaktadır (Natarajan ve Pluznick 2014).

SCFA DÜZEYLERİNE ETKİLİ FAKTÖRLER

Beslenme

Beslenme alışkanlıkları ve uygulanan farklı diyetlerin bağırsak mikrobiyotasını 3 hafta içerisinde değiştirebileceği, çeşitli maddeler ve yollar aracılığıyla hastalık risklerini arttırabileceği bilinmektedir (Emre ve ark., 2023).

Farklı beslenme şekilleri, mikrobiyota kompozisyonu ve buna bağlı olarak üretilen SCFA miktarını değiştirir. Mustika ve ark. (2024), ratlarda farklı diyet uygulamalarının dışkı SCFA düzeylerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, kontrol grubuna göre, yüksek yağlı ve yüksek fruktozlu diyetle beslenen gruplarda asetik asit ve bütirik asit düzeylerinin azaldığını, propiyonik asit düzeyinde ise artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Batı tipi diyetle beslenenlerde ise asetik asit ve propiyonik asit düzeylerinde artış, bütirik asit düzeyinde ise azalma tespit edilen çalışmada araştırmacılar, diyet grupları arasında en belirgin değişimin bütirik asit düzeylerinde olduğunu ve özellikle yüksek yağlı ile yüksek fruktozlu diyetin bütirat üretimini baskılayıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ballout ve ark. (2025) ise yüksek lifli diyetle beslenen ratların sekumunda asetat konsantrasyonunun arttığını, buna karşılık propiyonat ve bütirat düzeylerinin azaldığını, toplam SCFA konsantrasyonunun ise anlamlı bir değişim göstermediğini bildirerek, bu durumun lif alımına bağlı olarak SCFA üretiminin artmasına rağmen sekum epitelinde emilim hızının da artmasıyla dengelenmiş olabilesinden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir.

Suvarıklı Alan ve ark. (2026) yüksek dozda akrilamid maruziyetinin bağırsak dokuları ve bariyerine zarar verebileceğini, bağırsakla ilişkili metabolitlerde değişikliklere yol açabileceğini bildirmişlerdir.

Yaş

Ratlarda bağırsak mikrobiyotasının filogenetik çeşitliliğinin yaşla birlikte arttığı bildirilmiştir. Yaşla birlikte üretilen SCFA konsantrasyonunda ve oranında değişiklikler meydana gelmektedir. Ancak literatürde bildirilen bulgular arasında farklılıklar bulunmaktadır. Flemer ve ark. (2017), ratları üç farklı yaş grubuna ayırarak dışkı mikrobiyota bileşimini incelemişler ve yaşa bağlı olarak mikrobiyota kompozisyonunda belirgin farklılıkların yanında toplam SCFA düzeyinin yaşla birlikte arttığını, bu artışın özellikle asetat, propiyonat ve bütirat konsantrasyonlarındaki yükselmelerden kaynaklandığını belirlemişlerdir. Buna karşılık, düşük düzeyde bulunan diğer SCFA'larda anlamlı bir değişiklik olmadığı ve toplam SCFA profiline belirgin bir katkı sağlamadığı gözlenmiştir.

Kısa zincirli yağ asitlerinin otonom sinir sistemi fonksiyonlarının düzenlenmesinde rol oynayabileceği ve yaşlı rat kardiyak ritim bozukluklarının, özellikle atriyal fibrilasyonun başlangıç ve progresyonunu etkileyebileceği düşünülmektedir. Liu ve ark. (2024) yaşlı ratlarda bağırsak mikrobiyotasının bozulduğunu, özellikle Firmicutes/Bacteroidetes oranında azalma olduğunu bildirmişlerdir. Dışkı SCFA profilinin de incelendiği aynı çalışmada asetat ve bütirat düzeylerinde azalma, izovalerat düzeyinde ise artış tespit edilmiştir. Ayrıca yaşlı ratlarda azalan SCFA düzeyleri ile kalp atış hızı değişkenliği arasında anlamlı bir korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Polifenoller ve Diğer Biyoaktif Bileşikler

Polifenoller, bağırsak mikrobiyotasının metabolik aktivitelerini etkileyebilen önemli biyoaktif bileşiklerdir. Düşük biyoyararlanım ve sınırlı plazma konsantrasyonlarına rağmen, bu bileşiklerin biyolojik etkilerinin önemli bir kısmının bağırsak mikrobiyotası tarafından metabolize edildikleri ve bu süreçte oluşan metabolitler aracılığıyla ortaya çıktıkları düşünülmektedir (Eid ve ark., 2017). Örneğin baicalein'in SCFA metabolizmasını modüle

edebildiği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2018). Bu bağlamda, ratlarda geleneksel Çin tıbbında kullanılan *Euphorbia kansui* bitkisinin kurutulmuş kökünün uygulanmasının dışkı SCFA konsantrasyonlarında azalmaya yol açtığı görülmüştür (Jiang ve ark., 2020). Söz konusu bitkiden izole edilen 3-O-(2'E,4'Z-dekadienoil)-20-O-asetilingenol (3EZ,20Ac-ingenol), ingenan tipi bir diterpenoid olup gastrointestinal sistem üzerinde sitotoksik etki göstermektedir. Gao ve ark. (2015), rat bağırsak epitel hücrelerinde bu bileşiğin mitokondriyal yol üzerinden apoptozu indüklediğini ortaya koymuştur. Bu bulguların, bitkisel kaynaklı bazı biyoaktif bileşiklerin bağırsak mikrobiyotası ve metabolit profili üzerinde etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

METABOLİK HASTALIKLARDA SCFA

Diyabet

Erkek Zucker diyabetik Sprague-Dawley ratlarda yapılan bir çalışmada dışkı SCFA analizi değerlendirilmiş ve diyabetik grupta sağlıklı ve prediyabetik gruplara oranla asetat ve propiyonat düzeyinde artış olduğunu, bütiratın ise değişmediğini bildirmişlerdir. Prediyabetik grupta izobütirat düzeyinde belirgin artma, diyabet grubunda ise heksanoat düzeyinde düşüş saptanmıştır. Ayrıca dışkı asetat ve propiyonat düzeylerinin açlık ve tokluk glukoz düzeyleri ile pozitif korelasyon gösterdiği, buna karşılık açlık ve tokluk insülin düzeyleri ile adiposite parametreleri arasında negatif korelasyon bulunduğu belirlenmiştir (Weninger ve ark., 2023).

Luo ve ark. (2024) çalışmasında streptozotosin (STZ) ile diyabet modeli oluşturdıkları erkek Sprague-Dawley ratları yüksek yağlı diyet ile düşük ve yüksek glisemik indeksli diyet gruplarına ayırarak dışkı SCFA düzeylerini incelemişlerdir. Düşük glisemik indeksli diyetle beslenen ratların dışkısında valerat, asetat, propiyonat, izobütirat, bütirat, 2-metilbütirat, izovalerat, 4-metilvalerat ve heksanoat düzeylerinin yüksek yağlı diyet grubuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenen çalışmada tüm diyabetik grupların metabolit profillerinin sağlıklı kontrol grubundan belirgin şekilde farklı olduğu, buna karşılık sağlıklı metabolik profile en yakın grubun düşük glisemik indeksli diyet ile beslenen grup olduğu görülmüştür. Bu veriler, diyabetin bağırsak SCFA profili üzerinde belirgin etkileri olduğunu ancak sonuçların kullanılan modele göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Shastri ve ark. (2015) dişi ve erkek ratlarda oligofruktoz takviyesinin etkisini incelerdiği çalışmalarında hem dışkı SCFA üretimi hem de sistemik immün yanıtların cinsiyete bağlı farklılık gösterdiği saptanmıştır. Oligofruktoz ile beslenen grupta toplam yağ asidi üretimi 1,3 kat artmış olmasına karşın, dışkı SCFA miktarında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Bu durumu sekum hacminin anlamlı düzeyde artması ve mikrobiyal aktivitenin yükselmesine bağlayan araştırmacılar, oligofruktoz takviyesinin erkek ratlarda bütirat ve kaproat üretimini anlamlı şekilde artırdığını gözlemişlerdir.

Obezite

Diyabet tedavisinde klinik olarak etkili olduğu bilinen metformin ve berberinin bağırsak mikrobiyotasını modüle ederek etki gösterdiği bilinmektedir. Zhang ve ark. (2015) metformin ve berberinin ratlarda bağırsak mikrobiyotasının genel yapısını birbirlerine benzer şekilde değiştirdiğini, yüksek yağlı diyetin neden olduğu bağırsak mikrobiyotasındaki yapısal değişiklikleri tersine çevirebileceğini bildirmişlerdir. Bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliği hem berberinin hem de metformin tedavisiyle önemli ölçüde azalmıştır. SCFA üreten bakterilerin berberinin ve metformin kullanımının da arttığını bildirmişlerdir.

Bağırsak mikrobiyotası ile merkezi sinir sistemi arasında, kalori açısından yoğun diyetlere maruziyetle tetiklenen bir pozitif geri bildirim döngüsü tanımlanmıştır. Bu süreçte artan asetat üretimi, ghrelin sekresyonunu artırarak hiperfajiyi, glikozla uyarılan insülin salınımını yükselterek ise enerji fazlasının yağ olarak depolanmasını teşvik etmektedir. Kronik olarak

enerji yoğun diyetlere maruziyet, mikrobiyota–beyin– β hücresi eksenini üzerinden obezite, hiperlipidemi, non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı ve insülin direnci gelişimine katkıda bulunmaktadır. Perry ve ark. (2016), yüksek yağlı diyetle beslenen kemirgenlerde mikrobiyota kaynaklı artmış asetat üretiminin parasempatik sinir sistemi aktivasyonunu artırdığını, bunun da ghrelin salınımı ve glikozla uyarılan insülin sekresyonunu yükselttiğini göstermiştir. Bu mekanizma, hiperfaji, hipertrigliseridemi, karaciğer ve iskelet kasında ektopik lipid birikimi ile hepatik ve kas insülin direnciyle sonuçlanan bir pozitif geri bildirim döngüsü oluşturmaktadır.

Wang ve ark. (2022) dişi ratlarda yüksek yağlı diyet kaynaklı obezite ve erken ergenliğe girişin diyetle SCFA alımıyla tersine çevrilebildiğini bildirmişlerdir. Özellikle asetik, propiyonik ve heksanoik asitte düşüş gözlenmiştir. Bütirat seviyelerinde ise belirgin olmasa da düşüş yaşanmıştır. Valerik asit, izobütirik asit ve izovalerik asit seviyeleri ise artmıştır. Bütiratın oral olarak tüketilmesinin iştahı azalttığı, obeziteye karşı koruyucu etkiye sahip olduğu ve yağ oksidasyonunu teşvik ederek yağ kütlesini azalttığı deneysel çalışmalarda gözlemlenmiştir (Li ve ark., 2018). Bağırsak mikrobiyotası tarafından üretilen SCFA'lar besin algılayan özgül reseptörleri aktive eder. Tokluk hissi oluşturan hormonlar olan peptid YY (PYY) ve glukagon benzeri peptid-1'in (GLP-1) bağırsaktan salınımını uyarır, sistemik inflamasyonu azaltır veya beyne sinyal göndererek etki gösterir. SCFA'lar ayrıca adipositleri hedef alarak lipolizi ve leptin salınımını artırır. Bu etki mekanizmalarının eş zamanlı olarak işleyebildiği veya birbiriyle bağlantılı olabileceği bildirilmiştir (da Silva ve ark., 2021).

Sulistyowati ve ark. (2022) Sprague-Dawley ratlarda yürüttüğü çalışmada, yüksek yağ ve yüksek fruktoz içeren diyet ile karşılaştırıldığında azotlu yemle beslenen grupta sekum SCFA konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca abdominal yağlanma ile SCFA düzeyleri arasında negatif bir ilişki olduğu gösterilmiştir.

Hipertansiyon

Bağırsak mikrobiyotasınca üretilen SCFA'lar kan dolaşımına emilirler ve konakçı proteinleriyle etkileşime girerek canlıda çeşitli etkiler gösterebilirler. Mikrobiyota kaynaklı SCFA'ların kan basıncını düşürdüğü düşünülmektedir ve bu konuda farklı modeller üzerinden araştırılmaktadır. Probiyotik takviyesi veya liften zengin besinlerin tüketimi gibi beslenme kaynaklı değişimlerin plazmadaki SCFA'ları yükselterek dolaylı olarak kan basıncında düşüşlere sebep olduğu bilinmektedir (Pluznick 2017). Bir çalışmada yüksek tuzlu diyetle beslenen ratlarda asetat, propiyonat ve izobütirat seviyelerinin önemli ölçüde yükseldiği, bütiratta ise değişiklik gözlenmediğini bildirmişlerdir (Bier ve ark., 2018). Bağırsaklarda üretilen SCFA'ların çeşitli reseptörlerle ilişkili olarak kan basıncını düzenlediği başka çalışmalarda da bildirilmiştir (Pluznick ve ark., 2013). Olfr78 bir SCFA reseptörü olarak tanımlanmıştır ve Olfr78'in SCFA'lara yanıt olarak kan basıncı düzenlemesinde rol oynayabileceği düşünülmektedir. Olfr78 afferent arteriyole lokalizedir ve SCFA'ların Olfr78 aracılı renin salgılanması yoluyla kan basıncı düzenlemesinde rol oynadığı hipotezi araştırılmaktadır (Pluznick 2013). SCFA'ların, histon asetilasyonundaki değişiklikler ve hücre çoğalması da dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar yoluyla konakçı üzerinde etkilere aracılık ettiği bilinmektedir. SCFA'ların, Gpr41, Gpr43, Gpr109a ve Olfr78 dahil olmak üzere bir dizi konakçı GPCR'si için ligand olduğu bilinmektedir (Pluznick ve ark., 2013).

Hipertansif ratlarda yapılan bir çalışmada asetat üreten bakterilerin 3 kat, bütirat üreten bakterilerin 2 kat azaldığı; laktat üreten bakterilerin ise arttığı bildirilmiştir (Yang ve ark., 2015). Obstrüktif uyku apnesi modeli oluşturulan ratlarda oral antibiyotik ve yüksek yağlı diyet uygulamasının ratların kan basıncını artırdığı gösterilmiştir. Bütirat üretimiyle ilişkili bakterilerde azalma ve laktat üretimiyle ilişkili bakterilerde ise artış olduğu bildirilmiştir (Durgan ve ark., 2016). Başka hayvan deneylerinde de propiyonatın renin salınımını etkileyerek

karmaşık bir yol üzerinden kan basıncının düzenlenmesine katkıda bulunduğu kronik hipertansif etki gösterebileceği ifade edilmiştir (Pluznick ve ark., 2013).

NÖROLOJİK HASTALIKLARDA SCFA

Kısa zincirli yağ asitleri kan-beyin bariyerinden geçebilirler. Hücre yüzeyindeki reseptörlere özellikle G proteinine bağlı reseptörlere (G protein-coupled receptors, GPCR) bağlanarak hücre içi sinyalleri değiştirirler. Histon deasetilaz (HDAC) inhibisyonu yoluyla genlerin çalışmasını düzenleyen enzimleri baskırlar. Sinir sistemi ile diğer organlar arasındaki iletişimi bir diğer ifadeyle nörohumoral yolları etkileyen SCFA'lar, bağışıklık sistemini düzenleyerek nöroinflamasyonu etkilerler (Mukhopadhyaya ve Louis 2025).

Bağırsak-beyin eksenini bağırsak mikrobiyomu ile beyin arasındaki iletişimi ifade eden ve çift yönlü bir sinyal yoludur. Bu eksenin bileşenleri vagus siniri aktivitesi, triptofan metabolizması, enterik sinir sistemi, bağışıklık sistemi ve bağırsak mikrobiyomu tarafından üretilen yan ürünler veya metabolitler gibi biyoaktif maddelerdir (O'Riordan ve ark., 2022). SCFA'ların nöroinflamasyon, kronik serebral hipoperfüzyon ve nöroendokrin değişiklikler ile depresyonun çeşitli evrelerinde koruyucu etki göstererek nöroprotektif etkili oldukları, özellikle depresyonun nörobiyolojik mekanizmalarında hayati rol oynadıkları görülmüştür. Enteroendokrin, bağışıklık ve sinir hücrelerinde yaygın olarak bulunan serbest yağ asidi reseptörleri 2 ve 3 (FFAR2/3) ile ligand oluşturan ve bağırsak-beyin ekseninde temel araçlar olarak hareket eden SCFA'ların, sistemik dolaşımda kan-beyin bariyerini geçerek bağırsak-beyin etkileşiminde önemli etkiler gösterdiği bildirilmektedir. Endotel hücrelerinde monokarboksilat taşıyıcılarının yüksek düzeyde ifade edilmesi bu moleküllerin kan-beyin bariyerinden geçişini kolaylaştırmaktadır (Cheng ve ark., 2024).

Su ve ark. (2022) kronik serebral hipoperfüzyon kaynaklı kolon disfonksiyonu oluşturdıkları ratlara dışkı mikrobiyotası nakli ve oral SCFA takviyesi uygulamışlar ve uygulama sonunda dışkı örneklerinde asetik asit ve propiyonik asit düzeylerinin önemli ölçüde yükseldiğini bildirmişlerdir. Huang ve ark. (2023) da depresyon modeli oluşturdıkları ratlara antidepresan etkili bir madde olan berberinin etkisini inceledikleri çalışmalarında, depresyon modeli oluşturulan grubun dışkı örneklerindeki asetik ve propiyonik asit seviyelerinin arttığını, bütirik, izovalerik ve heksanoik asit düzeylerinin ise azaldığını bildirmişlerdir. Depresyonlu gruba berberin tedavisinin ise asetik ve propiyonik asit seviyesini azaltarak ve izovalerik asit konsantrasyonunu artırarak etki gösterdiği bildirilmiştir.

Nöropsikiyatrik bozukluklarda, özellikle depresyonda, kronik stresin hayvan modellerinde asetat, propiyonat ve valerat gibi SCFA seviyelerinde belirgin bir azalmaya yol açtığını göstermiştir (Zhu ve ark., 2025). Kronik stres modeli oluşturulmuş ratlarda yapılan bir çalışmada oral SCFA takviyesinin depresyon benzeri davranışlarda ve mikrobiyotada iyileşme görüldüğü bildirilmiştir (Li ve ark., 2025).

BAĞIRSAK SAĞLIĞI İLE SCFA İLİŞKİSİ

Diyet lifleri genel olarak çözünür ve çözünmez olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Çözünür lifler kan kolesterolü ve glukoz düzeylerinin düşürülmesine katkı sağlarken, çözünmez lifler gastrointestinal geçişi hızlandırarak dışkı hacmini artırır ve kabızlığın önlenmesine yardımcı olur. Liften zengin beslenme; bağırsak motilitesinin düzenlenmesi, bağırsak sağlığının korunması, serum kolesterol düzeylerinin azaltılması, glisemik kontrolün sağlanması ve sağlıklı vücut ağırlığının sürdürülmesi gibi çok yönlü yararlar sunar. Bağırsak mikrobiyotası, diyet lifleri ve dirençli nişastadan türeyen polisakkaritleri fermente ederek SCFA'ların başlıca üreticisi olarak işlev görür. SCFA üretim düzeyi, yaşam boyunca mikrobiyota kompozisyonundaki değişimlere bağlı olarak farklılık gösterir. Buna karşılık, yüksek yağ ve şeker içeriğine sahip diyetler, mikrobiyota kompozisyonunu ve metabolik dengeyi bozarak

bağırsak bariyer bütünlüğünü zayıflatmakta, immün yanıtı değiştirmekte ve kolorektal kanser gelişimini destekleyebilmektedir (Thulasinathan ve ark., 2025). Diyet liflerinin kolorektal karsinoma karşı koruyucu etkilerinin altında yatan mekanizmalar tam olarak aydınlatılmamış olmakla birlikte, çeşitli olası açıklamalar ileri sürülmüştür. Bu mekanizmalardan ilki, çözünmeyen liflerin bağırsak geçiş süresini hızlandırarak kolon epitelinin potansiyel kanserojen bileşiklere maruz kalma süresini azaltmasıdır. İkinci mekanizma ise, bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilebilen çözünür liflerin, özellikle SCFA'lar gibi kolon sağlığını destekleyen ve antikanserojen özellik gösterebilen metabolitlerin üretimini artırmasıdır (Sebastián ve Mostoslavsky 2014).

Bakteri bulundurmeyen (germ-free) hayvanlarda gastrointestinal sistem ağırlığının ve mukozal tabaka kalınlığının belirgin şekilde azaldığı, bakteriyel aşırı çoğalma durumlarında ise lipid ve karbonhidrat emiliminde değişiklikler meydana gelebildiği gözlenmiştir (Berthram 2002). Mikrobiyal durumu tamamen kontrol altında tutulan gnotobiyotik fare modelinde yapılan bir çalışmada diyet lifinin kolorektal kanser gelişimine karşı koruyucu etkisi olduğunu desteklemektedir. Bu etkinin yalnızca kolonik geçiş süresinin artmasına bağlı olmadığını, esas olarak lifin mikrobiyal fermantasyonu yoluyla ortaya çıktığını göstermektedir. Bu süreçte oluşan bütirat, normal kolonositler için temel enerji kaynağı olarak homeostazı desteklerken, kanser hücrelerinde Warburg etkisi nedeniyle birikmekte ve histon deasetilaz inhibisyonu yoluyla hücre proliferasyonunu baskılayıp apoptozu indüklemektedir. Bunun yanı sıra bütiratın tümör baskılayıcı etkileri yalnızca HDAC inhibisyonu ile sınırlı değildir. Bütirat ve lif, belirli bakteriyel gruplar tarafından metabolize edilerek mikrobiyota kompozisyonunu ve konak metabolizmasını etkileyebilmektedir. Ayrıca bütirat, G proteinine bağlı reseptörler (GPR'ler) için bir ligand olarak işlev görür ve antiinflamatuvar etkiler gösterir. Bu kapsamda, immün yanıtın düzenlenmesinde rol oynayarak düzenleyici T (Treg) hücrelerinin farklılaşmasını ve çoğalmasını teşvik eder (Donohoe ve ark., 2014). SCFA'ların kolon inflamasyonunda koruyucu bir rol üstlendiği düşünülmektedir. Kolon kanserinde SCFA reseptörleri GPR109A ve GPR43'ün ekspresyonunun belirgin şekilde azalması SCFA sinyallemesinin koruyucu rolünü desteklemektedir (Koh ve ark., 2016). SCFA'lar, bağırsak pH homeostazının korunmasında, hormon salgılanmasının teşvik edilmesinde, redoks dengesinin düzenlenmesinde ve epigenetik modifikasyonlara katılarak bağırsakta çeşitli fizyolojik etkiler göstermektedirler (Zhu ve ark., 2025).

Tian ve ark. (2023) Hirschsprung (bağırsak felci) hastalığına patolojik ve semptomatik olarak yakın bir model olan hipoganglionoz modelini benzalkonyum klorür kullanarak ratlarda oluşturmuşlardır. Analizleri sonucunda hipoganglionoz modelinde, çoğunluğu SCFA ürettiği bilinen bakteri cinslerinin azaldığını, asetik, propiyonik ve bütirik asit düzeylerinin düştüğünü, heksanoik asit düzeylerinin ise yükseldiğini belirlemişlerdir. Ayrıca modelde dışkı mikrobiyota transplantasyonu uygulanan ratların bağırsak mikrobiyotasının yenilendiğini, SCFA üreten bakterilerin bolluğunun dışkı mikrobiyota transplantasyonundan sonra kontrol grubunun seviyelerine yakın, hatta daha yüksek olduğunu ve dışkı mikrobiyota transplantasyonunun bütirat üretimini önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Dışkı mikrobiyota transplantasyonunun hipoganglionozlu ratların bağırsak özütünde ve serumunda bir proinflamatuvar sitokin olan IL-17 seviyesinde azalmaya neden olduğu belirlenen çalışmada, bütirat seviyesinin gastrointestinal sistemdeki IL-17 seviyesiyle negatif korelasyon gösterdiği ifade edilmiştir.

Wu ve ark. (2023) etanol kaynaklı bağırsak disbiyozu oluşturdukları ratlarda valerat, izovalerat, propiyonik, bütirik ve izobütirik asidin azaldığını, meyan kökü flavonoidinin tedavi olarak uygulandığı grupta ise bütirik, propiyonik ve valerik asidin önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Asetik asit ise sadece etanol uygulanan grupta yükselmişken, meyan kökü flavonoidi uygulanan grupta ise önemli miktarda düşmüş, kaproik asit düzeyi kontrol grubuna

göre etanol kaynaklı bağırsak disbiyozu grubunda değişmezken, meyan kökü flavonoidi uygulanan grupta artmıştır.

Farklı Lif Kaynakları Kullanımının Etkileri

Çelik ve ark. (2025), çiğ fındık, kavrulmuş fındık ve fındık zarı liflerinin farelerde mikrobiyota kompozisyonu ile mikrobiyal metabolitleri kolon segmenti ve cinsiyete bağlı olarak modüle ettiğini bildirmiştir. Çalışmada, fındık zarı liflerinin daha yavaş fermente olması nedeniyle distal kolonda karbonhidrat fermantasyonunu sürdürebileceği belirtilmiştir. Ayrıca kavrulmuş fındık liflerinin dışı farelerin sekumunda toplam SCFA, bütirat ve propiyonat düzeylerini artırdığı, bunun ise ısıtılmış işlem uygulanmış liflerin daha hızlı fermente olabilmesiyle ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. Benzer şekilde Daştan ve ark. (2023) farelere diyetle çiğ fındık, kavrulmuş fındık ve fındık kabuğu verdikleri çalışmalarında, dışkı analizleri sonucunda bu diyetlerin kolon mikrobiyota kompozisyonu ve mikrobiyal metabolitleri farklı şekillerde modüle ettiği ve bu etkinin cinsiyete bağlı değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Tüm deney gruplarında erkek farelerin asetat konsantrasyonunun arttığı, dışı farelerde ise asetat düzeylerinin genel olarak değişmemekle birlikte 4. haftada çiğ fındık grubunda artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca çiğ fındık grubunun en düşük propiyonat düzeyine sahip olduğu, çiğ fındık ve fındık kabuğu gruplarında ise kontrol grubuna göre daha yüksek bütirat konsantrasyonlarının saptandığı ifade edilmiştir. Aoe ve ark. (2019), yüksek lif ve prebiyotik içeren bir tahıl olan BARLEYmax (BM) ve yüksek β -glukanlı arpa (BG) ile beslenen ratların sekum içeriklerinde asetat, n-bütirat ve toplam SCFA konsantrasyonlarının kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde arttığı bildirilmiştir. Özellikle BM grubunda distal kolon içeriğinde asetat ve toplam SCFA düzeylerinin kontrol grubundan daha yüksek bulunması, çoklu fermente olabilir lif bileşenleri içeren diyetlerin yalnızca sekumda değil distal kolona kadar devam eden fermentatif aktiviteyi destekleyebileceğini bildirmişlerdir. Buna karşılık, proksimal kolonda gruplar arasında anlamlı fark saptanmaması, SCFA üretiminin bağırsak segmentlerine göre değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymuşlardır. Bulguları sonucunda ise β -glukan, fruktan ve dirençli nişasta gibi farklı lif bileşenlerinin kombinasyon halinde kullanılmasının bağırsak mikrobiyotası aktivitesini ve SCFA üretimini artırmada tek tip lif kaynaklarına göre daha etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

SONUÇ

Kısa zincirli yağ asitleri bağırsak mikrobiyotası ile konak metabolizması arasındaki etkileşimde merkezi rol oynayan mikrobiyal metabolitlerdir. Ratlarda sekum ve dışkıda ölçülen SCFA düzeyleri; diyet kompozisyonu, lif kaynağı, polifenol içeriği, yaş, cinsiyet ve hastalık durumlarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Özellikle fermente edilebilir lifler ve polifenolden zengin diyetlerin asetat, propiyonat ve bütirat üretimini artırarak bağırsak mikrobiyotasını yararlı bakteriler lehine modüle ettiği bildirilmektedir. Bunun yanında SCFA üretiminin yalnızca tüketilen substratın yapısına değil, aynı zamanda bağırsak segmentine ve mikrobiyal kompozisyona da bağlı olduğu görülmektedir. SCFA'lar etkilerini büyük ölçüde G proteinine bağlı reseptörler (GPR41, GPR43 ve GPR109A) üzerinden göstermekte, enerji homeostazı, inflamasyon, bağırsak bariyer bütünlüğü ve immün yanıtın düzenlenmesinde görev almaktadır. Deneysel çalışmalar, SCFA düzeylerindeki değişimlerin diyabet, obezite, hipertansiyon ve nörolojik hastalıkların patogeneğinde önemli rol oynayabileceğini göstermektedir. Özellikle bütiratın antiinflamatuvar etkileri, bağırsak epitel bütünlüğünü desteklemesi ve bağırsak-beyin eksenini üzerindeki düzenleyici rolü nedeniyle dikkat çekicidir. Mikrobiyota kompozisyonunda meydana gelen yaşa bağlı değişimlerin SCFA üretimini etkileyebilmesi, SCFA'ların metabolik ile nöroinflamatuvar süreçlerle ilişkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

Farklı lif kaynaklarının fermentasyon özelliklerinde gözlenen değişkenlikler, SCFA üretiminin kolon boyunca bölgesel farklılıklar oluşturmaya neden olmaktadır. Daha hızlı fermente olan liflerin proksimal kolonda SCFA üretimini artırması, yavaş fermente olan liflerin ise distal kolonda sakkarolitik aktiviteyi sürdürebilmesi özellikle kolon sağlığının korunması açısından önem taşımaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, SCFA üretimini destekleyen diyet bileşenlerinin bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde modüle ederek metabolik, inflamatuvar ve nörolojik süreçler üzerinde koruyucu etkiler gösterebileceği düşünülmektedir. Ancak SCFA'ların fizyolojik etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı yaş grupları, hastalık modelleri, diyet bileşenleri ve bağırsak segmentlerini birlikte değerlendiren ileri deneysel ve klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Alan, B. S., Altınsoy, A. M., Alkay, Z., Tunçil, Y. E., & Bulut, Z. (2026). Effect of acrylamide administration on fecal short-chain fatty acids in rats. *Med. Weter*, 82(8), 372–377. <https://doi.org/10.21521/mw.7154>
- Aoe, S., Yamanaka, C., Fuwa, M., Tamiya, T., Nakayama, Y., Miyoshi, T., & Kitazono, E. (2019). Effects of BARLEYmax and high- β -glucan barley line on short-chain fatty acids production and microbiota from the cecum to the distal colon in rats. *PLoS one*, 14(6), e0218118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218118>
- Ballout, J., Akiba, Y., Kaunitz, J. D., Schwiertz, A., Mazzuoli-Weber, G., Breves, G., & Diener, M. (2025). Alteration of the microbiota with vancomycin and high-fiber diet affects short-chain fatty acid/free fatty acid receptor signaling in rat caecum. *The Journal of nutritional biochemistry*, 140, 109881. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2025.109881>
- Bergman E. N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological reviews*, 70(2), 567–590. <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>
- Berthram, T. (2002). Gastrointestinal tract. In W. M. Haschek, C. G. Rousseaux, & M. A. Wallig (Eds.), *Handbook of toxicologic pathology* (2nd ed., Vol. 2, pp. 121–185). Academic Press.
- Bier, A., Braun, T., Khasbab, R., Di Segni, A., Grossman, E., Haberman, Y., & Leibowitz, A. (2018). A High Salt Diet Modulates the Gut Microbiota and Short Chain Fatty Acids Production in a Salt-Sensitive Hypertension Rat Model. *Nutrients*, 10(9), 1154. <https://doi.org/10.3390/nu10091154>
- Cai, J., Zhang, J., Tian, Y., Zhang, L., Hatzakis, E., Krausz, K. W., Smith, P. B., Gonzalez, F. J., & Patterson, A. D. (2017). Orthogonal Comparison of GC-MS and ^1H NMR Spectroscopy for Short Chain Fatty Acid Quantitation. *Analytical chemistry*, 89(15), 7900–7906. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.7b00848>
- Cheng, C., Zhai, H., Feng, J., & Zhang, Z. (2025). Host Phylogeny and Feeding Habit Jointly Govern Mammalian Gut Microbiota Composition. *Integrative zoology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.70042>
- Cheng, J., Hu, H., Ju, Y., Liu, J., Wang, M., Liu, B., & Zhang, Y. (2024). Gut microbiota-derived short-chain fatty acids and depression: deep insight into biological mechanisms and potential applications. *General psychiatry*, 37(1), e101374. <https://doi.org/10.1136/gpsych-2023-101374>

Choi, S. I., Son, J. H., Kim, N., Kim, Y. S., Nam, R. H., Park, J. H., Song, C. H., Yu, J. E., Lee, D. H., Yoon, K., Min, H., Kim, Y. R., & Seok, Y. J. (2021). Changes in Cecal Microbiota and Short-chain Fatty Acid During Lifespan of the Rat. *Journal of neurogastroenterology and motility*, 27(1), 134–146. <https://doi.org/10.5056/jnm20148>

Cong, J., Zhou, P., & Zhang, R. (2022). Intestinal Microbiota-Derived Short Chain Fatty Acids in Host Health and Disease. *Nutrients*, 14(9), 1977. <https://doi.org/10.3390/nu14091977>

Çelik, Ö. F., Daştan, E., Çetiner, Ö. F., Baş, O., Bulut, Z., Zhang, B., Lindemann, S. R., Tugay, M. İ., Değermenci, M., Suvarıklı-Alan, B., Nizamlioğlu, M., & Tunçil, Y. E. (2025). Gut Microbiome and Tissue Morphology Modulatory Effects of Hazelnut (Natural, Roasted, and Skin) Fibers in Different Colonic Segments of Mice. *eFood*, 6(1), e70031. <https://doi.org/10.1002/efd2.70031>

da Silva, T. F., Casarotti, S. N., de Oliveira, G. L. V., & Penna, A. L. B. (2021). The impact of probiotics, prebiotics, and synbiotics on the biochemical, clinical, and immunological markers, as well as on the gut microbiota of obese hosts. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(2), 337–355. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1733483>

Daştan, E., Çelik, Ö. F., Baş, O., Bulut, Z., Lindemann, S. R., Tugay, M. İ., Değermenci, M., Suvarıklı-Alan, B., Nizamlioğlu, M., & Tunçil, Y. E. (2023). Sex-dependent colonic microbiota modulation by hazelnut (*Corylus avellana* L.) dietary fiber. *Food & function*, 14(6), 2896–2907. <https://doi.org/10.1039/d3fo00570d>

de Vos, W. M., & de Vos, E. A. (2012). Role of the intestinal microbiome in health and disease: from correlation to causation. *Nutrition reviews*, 70 Suppl 1, S45–S56. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00505.x>

Donohoe, D. R., Holley, D., Collins, L. B., Montgomery, S. A., Whitmore, A. C., Hillhouse, A., Curry, K. P., Renner, S. W., Greenwalt, A., Ryan, E. P., Godfrey, V., Heise, M. T., Threadgill, D. S., Han, A., Swenberg, J. A., Threadgill, D. W., & Bultman, S. J. (2014). A gnotobiotic mouse model demonstrates that dietary fiber protects against colorectal tumorigenesis in a microbiota- and butyrate-dependent manner. *Cancer discovery*, 4(12), 1387–1397. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-14-0501>

Durgan, D. J., Ganesh, B. P., Cope, J. L., Ajami, N. J., Phillips, S. C., Petrosino, J. F., Hollister, E. B., & Bryan, R. M., Jr (2016). Role of the Gut Microbiome in Obstructive Sleep Apnea-Induced Hypertension. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, 67(2), 469–474. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.06672>

Eid, H. M., Wright, M. L., Anil Kumar, N. V., Qawasmeh, A., Hassan, S. T. S., Mocan, A., Nabavi, S. M., Rastrelli, L., Atanasov, A. G., & Haddad, P. S. (2017). Significance of Microbiota in Obesity and Metabolic Diseases and the Modulatory Potential by Medicinal Plant and Food Ingredients. *Frontiers in pharmacology*, 8, 387. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00387>

Emre, E. N., Çoban, Ü. Y., Suvarıklı Alan, B., & Bulut, Z. (2023). The Relationship Between Microbiota and Alzheimer's Disease. *Animal Health Production and Hygiene*, 12(2), 56–62. <https://doi.org/10.53913/aduveterinary.1376464>

Flemer, B., Gaci, N., Borrel, G., Sanderson, I. R., Chaudhary, P. P., Tottey, W., O'Toole, P. W., & Brugère, J. F. (2017). Fecal microbiota variation across the lifespan of the healthy laboratory rat. *Gut microbes*, 8(5), 428–439. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1334033>

Gao, J., Gao, L., Zhang, L., Yao, W., Cao, Y., Bao, B., & Ding, A. (2015). 3-O-(2'E,4'Z-decadienoyl)-20-O-acetylingenol induces apoptosis in intestinal epithelial cells of rats via

mitochondrial pathway. *Journal of ethnopharmacology*, 174, 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.08.036>

Haschek, W. M., Rousseaux, C. G., & Wallig, M. A. (2010). Gastrointestinal tract. In *Fundamentals of toxicologic pathology* (2nd ed., pp. 163–196). Academic Press.

Høverstad, T., & Midtvedt, T. (1986). Short-chain fatty acids in germfree mice and rats. *The Journal of nutrition*, 116(9), 1772–1776. <https://doi.org/10.1093/jn/116.9.1772>

Hoving, L. R., Heijink, M., van Harmelen, V., van Dijk, K. W., & Giera, M. (2018). GC-MS analysis of short-chain fatty acids in feces, cecum content, and blood samples. In M. Giera (Ed.), *Clinical metabolomics* (Methods in Molecular Biology, Vol. 1730). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7592-1_17

Huang, M., He, Y., Tian, L., Yu, L., Cheng, Q., Li, Z., Gao, L., Gao, S., & Yu, C. (2023). Gut microbiota-SCFAs-brain axis associated with the antidepressant activity of berberine in CUMS rats. *Journal of affective disorders*, 325, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.12.166>

Jiang, D., Guo, S., Kang, A., Ju, Y., Li, J., Yu, S., Bao, B., Cao, Y., Tang, Y., Zhang, L., & Yao, W. (2020). Comparison of the short-chain fatty acids in normal rat faeces after the treatment of *Euphorbia kansui*, a traditional Chinese medicine for edoema. *Pharmaceutical biology*, 58(1), 367–373. <https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1755318>

Kleessen, B., Stoof, G., Proll, J., Schmiedl, D., Noack, J., & Blaut, M. (1997). Feeding resistant starch affects fecal and cecal microflora and short-chain fatty acids in rats. *Journal of animal science*, 75(9), 2453–2462. <https://doi.org/10.2527/1997.7592453x>

Knapp, B. K., Bauer, L. L., Swanson, K. S., Tappenden, K. A., Fahey, G. C., Jr, & de Godoy, M. R. (2013). Soluble fiber dextrin and soluble corn fiber supplementation modify indices of health in cecum and colon of Sprague-Dawley rats. *Nutrients*, 5(2), 396–410. <https://doi.org/10.3390/nu5020396>

Koh, A., De Vadder, F., Kovatcheva-Datchary, P., & Bäckhed, F. (2016). From Dietary Fiber to Host Physiology: Short-Chain Fatty Acids as Key Bacterial Metabolites. *Cell*, 165(6), 1332–1345. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.05.041>

Ley, R. E., Hamady, M., Lozupone, C., Turnbaugh, P. J., Ramey, R. R., Bircher, J. S., Schlegel, M. L., Tucker, T. A., Schrenzel, M. D., Knight, R., & Gordon, J. I. (2008). Evolution of mammals and their gut microbes. *Science (New York, N.Y.)*, 320(5883), 1647–1651. <https://doi.org/10.1126/science.1155725>

Li, H., Xiang, Y., Zhu, Z., Wang, W., Jiang, Z., Zhao, M., Cheng, S., Pan, F., Liu, D., Ho, R. C. M., & Ho, C. S. H. (2021). Rifaximin-mediated gut microbiota regulation modulates the function of microglia and protects against CUMS-induced depression-like behaviors in adolescent rat. *Journal of neuroinflammation*, 18(1), 254. <https://doi.org/10.1186/s12974-021-02303-y>

Li, Y., Cao, J., Yang, Z., & Chen, H. (2025). Antidepressant Effect of Short-Chain Fatty Acids on Chronic Unpredictable Mild Stress in Model Rats And Their Influence on the Oral-Gut Microbiota. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 21, 2855–2868. <https://doi.org/10.2147/NDT.S560434>

Li, Z., Yi, C. X., Katiraei, S., Kooijman, S., Zhou, E., Chung, C. K., Gao, Y., van den Heuvel, J. K., Meijer, O. C., Berbée, J. F. P., Heijink, M., Giera, M., Willems van Dijk, K., Groen, A. K., Rensen, P. C. N., & Wang, Y. (2018). Butyrate reduces appetite and activates brown adipose tissue via the gut-brain neural circuit. *Gut*, 67(7), 1269–1279. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2017-314050>

- Liu, L., Yi, Y., Yan, R., Hu, R., Sun, W., Zhou, W., Zhou, H., Si, X., Ye, Y., Li, W., & Chen, J. (2024). Impact of age-related gut microbiota dysbiosis and reduced short-chain fatty acids on the autonomic nervous system and atrial fibrillation in rats. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 11, 1394929. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1394929>
- Luo, J. B., Xie, X. J., Zhou, X. Y., Yang, F., Li, J. H., Li, Z., Zhou, L., He, Y., Zhou, L., Niu, L. H., & Fu, M. (2024). Effect of low glycaemic index diet on the glucose and lipid metabolism, microbiota composition, short-chain fatty acids content, immune response, and FGF-19 and CYP7A1 levels in type 2 diabetes rats. *Journal of Functional Foods*, 118, 106261. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106261>
- Macfarlane, S., & Macfarlane, G. T. (2003). Regulation of short-chain fatty acid production. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 67–72. <https://doi.org/10.1079/PNS2002207>
- Mann, E. R., Lam, Y. K., & Uhlig, H. H. (2024). Short-chain fatty acids: linking diet, the microbiome and immunity. *Nature Reviews Immunology*, 24(8), 577–595. <https://doi.org/10.1038/s41577-024-01014-8>
- Mirzaei, R., Bouzari, B., Hosseini-Fard, S. R., Mazaheri, M., Ahmadyousefi, Y., Abdi, M., Jalalifar, S., Karimitabar, Z., Teimoori, A., Keyvani, H., Zamani, F., Yousefimashouf, R., & Karampoor, S. (2021). Role of microbiota-derived short-chain fatty acids in nervous system disorders. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 139, 111661. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111661>
- Mukhopadhyay, I., & Louis, P. (2025). Gut microbiota-derived short-chain fatty acids and their role in human health and disease. *Nature Reviews Microbiology*, 23(10), 635–651. <https://doi.org/10.1038/s41579-025-01183-w>
- Mustika, S., Handayani, D., Rudijanto, A., Santosaningsih, D., Mariyatun, M., Gatya, M., Pramesi, P. C., Rahayu, E. S., & Fajar, J. K. (2024). Comparative analysis of short-chain fatty acid levels in non-alcoholic steatohepatitis rat model: Impact of high-fat high-fructose (HFHF), high fat, and Western diets. *Narra J*, 4(1), e670. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i1.670>
- Natarajan, N., & Pluznick, J. L. (2014). From microbe to man: the role of microbial short chain fatty acid metabolites in host cell biology. *American journal of physiology. Cell physiology*, 307(11), C979–C985. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00228.2014>
- O'Riordan, K. J., Collins, M. K., Moloney, G. M., Knox, E. G., Aburto, M. R., Fülling, C., Morley, S. J., Clarke, G., Schellekens, H., & Cryan, J. F. (2022). Short chain fatty acids: Microbial metabolites for gut-brain axis signalling. *Molecular and cellular endocrinology*, 546, 111572. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2022.111572>
- Perry, R. J., Peng, L., Barry, N. A., Cline, G. W., Zhang, D., Cardone, R. L., Petersen, K. F., Kibbey, R. G., Goodman, A. L., & Shulman, G. I. (2016). Acetate mediates a microbiome-brain- β -cell axis to promote metabolic syndrome. *Nature*, 534(7606), 213–217. <https://doi.org/10.1038/nature18309>
- Pluznick J. L. (2013). Renal and cardiovascular sensory receptors and blood pressure regulation. *American journal of physiology. Renal physiology*, 305(4), F439–F444. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00252.2013>
- Pluznick J. L. (2017). Microbial Short-Chain Fatty Acids and Blood Pressure Regulation. *Current hypertension reports*, 19(4), 25. <https://doi.org/10.1007/s11906-017-0722-5>

- Pluznick, J. L., Protzko, R. J., Gevorgyan, H., Peterlin, Z., Sipos, A., Han, J., Brunet, I., Wan, L. X., Rey, F., Wang, T., Firestein, S. J., Yanagisawa, M., Gordon, J. I., Eichmann, A., Peti-Peterdi, J., & Caplan, M. J. (2013). Olfactory receptor responding to gut microbiota-derived signals plays a role in renin secretion and blood pressure regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(11), 4410–4415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1215927110>
- Primec, M., Mičetić-Turk, D., & Langerholc, T. (2017). Analysis of short-chain fatty acids in human feces: A scoping review. *Analytical biochemistry*, 526, 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2017.03.007>
- Rechkemmer, G., Rönna, K., & von Engelhardt, W. (1988). Fermentation of polysaccharides and absorption of short chain fatty acids in the mammalian hindgut. *Comparative biochemistry and physiology. A, Comparative physiology*, 90(4), 563–568. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(88\)90668-8](https://doi.org/10.1016/0300-9629(88)90668-8)
- Roediger, W. E. (1982). Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon. *Gastroenterology*, 83(2), 424–429.
- Rohde, J. K., Fuh, M. M., Evangelakos, I., Pauly, M. J., Schaltenberg, N., Siracusa, F., Gagliani, N., Tödter, K., Heeren, J., & Worthmann, A. (2022). A Gas Chromatography Mass Spectrometry-Based Method for the Quantification of Short Chain Fatty Acids. *Metabolites*, 12(2), 170. <https://doi.org/10.3390/metabo12020170>
- Schönfeld, P., & Wojtczak, L. (2016). Short- and medium-chain fatty acids in energy metabolism: the cellular perspective. *Journal of lipid research*, 57(6), 943–954. <https://doi.org/10.1194/jlr.R067629>
- Sebastián, C., & Mostoslavsky, R. (2014). Untangling the fiber yarn: butyrate feeds Warburg to suppress colorectal cancer. *Cancer discovery*, 4(12), 1368–1370. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-14-1231>
- Segers, A., Desmet, L., Thijs, T., Verbeke, K., Tack, J., & Depoortere, I. (2019). The circadian clock regulates the diurnal levels of microbial short-chain fatty acids and their rhythmic effects on colon contractility in mice. *Acta physiologica (Oxford, England)*, 225(3), e13193. <https://doi.org/10.1111/apha.13193>
- Sender, R., Fuchs, S., & Milo, R. (2016). Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. *PLoS biology*, 14(8), e1002533. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>
- Shastri, P., McCarville, J., Kalmokoff, M., Brooks, S. P., & Green-Johnson, J. M. (2015). Sex differences in gut fermentation and immune parameters in rats fed an oligofructose-supplemented diet. *Biology of sex differences*, 6, 13. <https://doi.org/10.1186/s13293-015-0031-0>
- Su, S. H., Wu, Y. F., Lin, Q., Zhang, L., Wang, D. P., & Hai, J. (2022). Fecal microbiota transplantation and replenishment of short-chain fatty acids protect against chronic cerebral hypoperfusion-induced colonic dysfunction by regulating gut microbiota, differentiation of Th17 cells, and mitochondrial energy metabolism. *Journal of neuroinflammation*, 19(1), 313. <https://doi.org/10.1186/s12974-022-02675-9>
- Sulistyowati, E., Handayani, D., Soeharto, S., & Rudijanto, A. (2022). A high-fat and high-fructose diet lowers the cecal digesta's weight and short-chain fatty acid level of a Sprague-Dawley rat model. *Turkish journal of medical sciences*, 52(1), 268–275. <https://doi.org/10.3906/sag-1911-14>

- Tahara, Y., Yamazaki, M., Sukigara, H., Motohashi, H., Sasaki, H., Miyakawa, H., Haraguchi, A., Ikeda, Y., Fukuda, S., & Shibata, S. (2018). Gut Microbiota-Derived Short Chain Fatty Acids Induce Circadian Clock Entrainment in Mouse Peripheral Tissue. *Scientific reports*, 8(1), 1395. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19836-7>
- Tan, J., McKenzie, C., Potamitis, M., Thorburn, A. N., Mackay, C. R., & Macia, L. (2014). The role of short-chain fatty acids in health and disease. *Advances in immunology*, 121, 91–119. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800100-4.00003-9>
- Thulasinathan, B., Suvilesh, K. N., Maram, S., Grossmann, E., Ghouri, Y., Teixeira, E. P., Chan, J., Kaif, J. T., & Rachagani, S. (2025). The impact of gut microbial short-chain fatty acids on colorectal cancer development and prevention. *Gut microbes*, 17(1), 2483780. <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2483780>
- Tian, D., Xu, W., Pan, W., Zheng, B., Yang, W., Jia, W., Liu, Y., Garstka, M. A., Gao, Y., & Yu, H. (2023). Fecal microbiota transplantation enhances cell therapy in a rat model of hypoganglioneurosis by SCFA-induced MEK1/2 signaling pathway. *The EMBO journal*, 42(1), e111139. <https://doi.org/10.15252/embj.202211139>
- Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), 1031–1064. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.3.1031>
- Trivedi, N., Erickson, H. E., Bala, V., Chhonker, Y. S., & Murry, D. J. (2022). A Concise Review of Liquid Chromatography-Mass Spectrometry-Based Quantification Methods for Short Chain Fatty Acids as Endogenous Biomarkers. *International journal of molecular sciences*, 23(21), 13486. <https://doi.org/10.3390/ijms232113486>
- Tungland, B. (2018). Short-chain fatty acid production and functional aspects on host metabolism. In *Human microbiota in health and disease* (pp. 37–106). Academic Press.
- Vdoviaková, K., Petrovová, E., Maloveská, M., Krešáková, L., Teleky, J., Elias, M. Z., & Petrášová, D. (2016). Surgical Anatomy of the Gastrointestinal Tract and Its Vasculature in the Laboratory Rat. *Gastroenterology research and practice*, 2016, 2632368. <https://doi.org/10.1155/2016/2632368>
- Vinelli, V., Biscotti, P., Martini, D., Del Bo', C., Marino, M., Meroño, T., Nikoloudaki, O., Calabrese, F. M., Turrone, S., Taverniti, V., Unión Caballero, A., Andrés-Lacueva, C., Porrini, M., Gobetti, M., De Angelis, M., Brigidi, P., Pinart, M., Nimptsch, K., Guglielmetti, S., & Riso, P. (2022). Effects of Dietary Fibers on Short-Chain Fatty Acids and Gut Microbiota Composition in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients*, 14(13), 2559. <https://doi.org/10.3390/nu14132559>
- Vogt, S. L., Peña-Díaz, J., & Finlay, B. B. (2015). Chemical communication in the gut: Effects of microbiota-generated metabolites on gastrointestinal bacterial pathogens. *Anaerobe*, 34, 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2015.05.002>
- Wang, L., Xu, H., Tan, B., Yi, Q., Liu, H., Deng, H., Chen, Y., Wang, R., Tian, J., & Zhu, J. (2022). Gut microbiota and its derived SCFAs regulate the HPGA to reverse obesity-induced precocious puberty in female rats. *Frontiers in endocrinology*, 13, 1051797. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1051797>
- Weninger, S. N., Ding, A., Browne, E. N., Frost, M. L., Schiro, G., Laubitz, D., & Duca, F. A. (2023). Longitudinal Characterization of the Gut Microbiota in the Diabetic ZDSD Rat Model and Therapeutic Potential of Oligofructose. *Metabolites*, 13(5), 660. <https://doi.org/10.3390/metabo13050660>

- Wu, X., Wei, Q., Wang, X., Shang, Y., & Zhang, H. (2022). Evolutionary and dietary relationships of wild mammals based on the gut microbiome. *Gene*, 808, 145999. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.145999>
- Wu, Y., Guo, Y., Huang, T., Huang, D., Liu, L., Shen, C., Jiang, C., Wang, Z., Chen, H., Liang, P., Hu, Y., Zheng, Z., Liang, T., Zhai, D., Zhu, H., & Liu, Q. (2023). Licorice flavonoid alleviates gastric ulcers by producing changes in gut microbiota and promoting mucus cell regeneration. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 169, 115868. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115868>
- Yang, T., Santisteban, M. M., Rodriguez, V., Li, E., Ahmari, N., Carvajal, J. M., Zadeh, M., Gong, M., Qi, Y., Zubcevic, J., Sahay, B., Pepine, C. J., Raizada, M. K., & Mohamadzadeh, M. (2015). Gut dysbiosis is linked to hypertension. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, 65(6), 1331–1340. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.05315>
- Zhang, B., Sun, W., Yu, N., Sun, J., Yu, X., Li, X., Xing, Y., Yan, D., Ding, Q., Xiua, Z., Ma, B., Yu, L., & Dong, Y. (2018). Anti-diabetic effect of baicalein is associated with the modulation of gut microbiota in streptozotocin and high-fat-diet induced diabetic rats. *Journal of Functional Foods*, 46, 256–267. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.070>
- Zhang, X., Zhao, Y., Xu, J., Xue, Z., Zhang, M., Pang, X., Zhang, X., & Zhao, L. (2015). Modulation of gut microbiota by berberine and metformin during the treatment of high-fat diet-induced obesity in rats. *Scientific reports*, 5, 14405. <https://doi.org/10.1038/srep14405>
- Zhao, X., Jiang, Z., Yang, F., Wang, Y., Gao, X., Wang, Y., Chai, X., Pan, G., & Zhu, Y. (2016). Sensitive and Simplified Detection of Antibiotic Influence on the Dynamic and Versatile Changes of Fecal Short-Chain Fatty Acids. *PloS one*, 11(12), e0167032. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167032>
- Zhu, Z., Cheng, Y., Liu, X., Xu, X., Ding, W., Ling, Z., Liu, J., & Cai, G. (2025). The microbiota-gut-brain axis in depression: unraveling the relationships and therapeutic opportunities. *Frontiers in immunology*, 16, 1644160. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1644160>

SORPTION OF EOSIN YELLOW AND METANIL YELLOW DYES FROM AQUEOUS SOLUTION USING ANION EXCHANGE RESIN

Shilpashree K J

PG Department of Chemistry, JSS College of Arts, Commerce and Science (A Research Centre Recognized by University of Mysore), Mysuru-570 025, Karnataka, India

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Rajendraprasad N

PG Department of Chemistry, JSS College of Arts, Commerce and Science (A Research Centre Recognized by University of Mysore), Mysuru-570 025, Karnataka, India

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7746-6939>

ABSTRACT

Removal of dyes from wastewater is one of the most important aspect know a days due to the increase in pollution gradually. In this research work, anionic dyes such as Eosin Yellow (EY) and Metanil Yellow (MY) were investigated for removal from aqueous solution. Effective removal of EY and MY were achieved through simple and rapid column elution approach using Dowex-1 anion exchange resin. The resin was characterized by visible and Fourier Transformer Infrared (FT-IR) spectra to ensure removal. Optimal experimental conditions such as effect of resin load, dye initial concentration corresponding to resin load, flow rate, pH, temperature and contact time were determined. The maximum sorption i.e 99% was achieved by using 0.5 g of resin for 200 µg/ml at 0.5 ml/min flow rate at room temperature for EY and MY. Dye exchange capacity, pH_{ZC} and reusability of resin were also found. Thermodynamic study reveals that the ion-exchange process was spontaneous exothermic and non-spontaneous endothermic way for EY and MY, respectively. The sorption isotherm concluded obedience of Thomas, Adams-Bohart and Yoon-Nelson models. Effective removal of EY and MY using Dowex-1 exhibited that the proposed approach is an effective means to invade process of wastewater treatment.

Keywords: Eosin Yellow (EY), Metanil Yellow (MY), Dowex-1 resin, Ion-Exchange, Column elution.

THE EFFECT OF CONSERVATIVE PHYSICAL THERAPY INTERVENTIONS ON SLEEP QUALITY, FUNCTIONALITY, AND PAIN IN PATIENTS WITH LUMBAR DISC HERNIATION

Konca KAYA

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

Esra KIZILYILDIRIM

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

Perihan Nur KOKUTAY

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

Büşra AKTAŞ

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

R. Sinem BALCI

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Medical Imaging Techniques Program, Adana, Türkiye.

Meliha BERDAN

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Anesthesia Program, Adana, Türkiye.

Merve EKİNCİ

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, First and Emergency Aid Program, Adana, Türkiye.

Ayşe YAVUZ DERMAN

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Department of Biostatistics, Adana, Türkiye.

Pınar DORUK ANALAN

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to evaluate the effects of a conservative physical therapy program on pain intensity, functionality, and sleep quality in patients diagnosed with lumbar disc herniation.

Methods: The study included 29 patients with lumbar disc herniation (21 women and 8 men; mean age: 60.48±11.37 years) who underwent a conservative physical therapy program at the Physical Therapy and Rehabilitation Clinic of Başkent University Adana Dr. Turgut Noyan Application and Research Center. The patients received 10 sessions of conservative treatment

consisting of hot pack application, TENS or interferential current therapy, therapeutic ultrasound, and a home exercise program. Pain intensity was assessed using the Visual Analog Scale (VAS), functionality using the Oswestry Low Back Pain Questionnaire, and sleep quality using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) before and after treatment. Data were analyzed using appropriate statistical methods, and the level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results: Following treatment, daytime pain significantly decreased from 7.31 ± 1.93 to 5.31 ± 1.73 ($p < 0.001$), and nighttime pain significantly decreased from 5.41 ± 3.29 to 3.31 ± 2.48 ($p < 0.001$). A significant improvement in PSQI scores was observed after treatment (from 2.51 ± 0.73 to 1.96 ± 0.73 ; $p < 0.001$). Similarly, Oswestry Low Back Pain Questionnaire scores significantly decreased from 2.17 ± 0.65 to 1.79 ± 0.77 ($p = 0.012$). Subgroup analyses indicated that female patients had higher baseline levels of pain and sleep disturbance, whereas obese individuals demonstrated a more limited response to treatment, particularly in terms of daytime pain and functionality.

Conclusion: Conservative physical therapy interventions were effective in reducing pain, improving functionality, and enhancing sleep quality in patients with lumbar disc herniation. In addition, sex and body mass index appeared to influence treatment outcomes, suggesting that planning rehabilitation programs according to individual characteristics may improve clinical success.

Keywords: Lumbar disc herniation, conservative physical therapy, pain, functionality, sleep quality.

THE RELATIONSHIP BETWEEN CHRONIC MUSCULOSKELETAL PAIN AND QUALITY OF LIFE IN SEDENTARY INDIVIDUALS AND REGULAR EXERCISERS

Konca KAYA

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

Ecem TEMELLİ

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

Bengisu BADAY

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

Şeymanur ÇOĞAL

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

R. Sinem BALCI

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Medical Imaging Techniques Program, Adana, Türkiye.

Meliha BERDAN

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Anesthesia Program, Adana, Türkiye.

Merve EKİNCİ

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, First and Emergency Aid Program, Adana, Türkiye.

Ayşe YAVUZ DERMAN

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Department of Biostatistics, Adana, Türkiye.

Pınar DORUK ANALAN

Başkent University, Adana Vocational School of Health Services, Physiotherapy Program, Adana, Türkiye.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to compare chronic musculoskeletal pain levels in the neck, thoracic region, and shoulder girdle between sedentary individuals and individuals who exercise regularly and to evaluate the relationship between pain and quality of life.

Methods: A total of 52 individuals aged 18–50 years were included in the study. Of the participants, 28 had a sedentary lifestyle, while 24 had been engaging in regular physical activity for at least six months. After recording demographic characteristics, pain in the neck, thoracic region, and shoulder girdle was assessed using the Visual Analog Scale (VAS), and

quality of life was evaluated using the World Health Organization Quality of Life-BREF (WHOQOL-BREF). Data were analyzed using appropriate parametric and nonparametric tests, as well as correlation and regression analyses. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results: The body mass index of the sedentary group was significantly higher than that of the physically active group ($p = 0.042$). Neck pain was reported in 85.7% of the sedentary group and 66.7% of the physically active group, while shoulder pain was reported in 78.6% and 70.8%, respectively. The prevalence of neck and shoulder pain was higher among women than men ($p = 0.031$). Low and moderate levels of quality of life were more common among sedentary individuals, whereas good and very good quality-of-life levels were more prevalent among regular exercisers. Male participants had higher quality-of-life levels than female participants ($p = 0.018$). A significant negative correlation was found between pain intensity and quality of life ($r = -0.357$; $p = 0.009$). In addition, higher body mass index was positively correlated with pain intensity ($r = 0.389$; $p = 0.004$).

Conclusion: A sedentary lifestyle was associated with chronic musculoskeletal pain and lower quality of life, whereas regular physical activity was associated with reduced pain levels and better quality of life. The findings suggest that expanding preventive exercise programs, particularly for women and individuals with a high body mass index, may contribute to preserving musculoskeletal health and improving quality of life.

Keywords: Sedentary lifestyle, physical activity, chronic musculoskeletal pain, quality of life, WHOQOL-BREF.

BIO-HYBRID URBAN INFRASTRUCTURE: SYNERGIZING MICROALGAL ELECTROCHEMICAL CELLS AND PHOTOVOLTAICS IN LANDSCAPE ARCHITECTURE

Rashidi Othman

Department of Landscape Architecture, Kulliyyah of Architecture and Environmental Design,
International Islamic University Malaysia, 53100 Kuala Lumpur, Malaysia

Muhammad Hanafi Ismail

Department of Landscape Architecture, Kulliyyah of Architecture and Environmental Design,
International Islamic University Malaysia, 53100 Kuala Lumpur, Malaysia

Wan Syibrah Hanisah Wan Sulaiman

International Institute for Halal Research & Training, International Islamic University
Malaysia, 53100 Kuala Lumpur, Malaysia

ABSTRACT

The global built environment faces increasing pressure to adopt renewable energy solutions that overcome the intermittency of conventional systems such as photovoltaics. Photovoltaic (PV) canopies, while effective for solar electricity generation and shading in outdoor spaces, are limited by diurnal and seasonal irradiance constraints. This study explores the integration of algal bioelectric systems with PV canopy structures as a hybrid renewable energy approach for built environments. The objective was to evaluate the bioelectric potential of three algal species specifically *Alkalinema* sp., *Phormidium* sp., and *Chlorella vulgaris* using carbon and nickel electrodes, and to discuss the feasibility of incorporating such bio-electrochemical units within PV canopy installations. Algal cultures were maintained in BG11 medium for four weeks, after which centrifuged biomass served as the positive electrolyte and fresh BG11 medium as the negative control. Half-cells were assembled with carbon and nickel electrodes and connected to a Battery Testing System for continuous 24-hour voltage recording. Results indicated that *Chlorella vulgaris* generated the highest voltage with carbon electrodes (200 mV), followed by *Alkalinema* sp. (100 mV) and *Phormidium* sp. (50 mV). With nickel electrodes, cyanobacterial species outperformed *Chlorella vulgaris*, producing 125 mV (*Alkalinema* sp.) and 80 mV (*Phormidium* sp.) compared to only 10 mV. Carbon-based cells demonstrated relatively stable voltage over 24 hours, suggesting suitability for continuous low-power applications. These findings support the feasibility of algal bioelectric units as complementary energy sources within PV canopy structures, providing trickle-charge capacity during overcast conditions or nighttime. From a landscape architecture perspective, algal cultivation modules can be integrated into structural columns, planters, or water systems of canopies, combining renewable energy generation with carbon sequestration and aesthetic benefits, particularly in tropical climates.

Keywords: Photovoltaic canopy; bioelectric; algae; built environment; renewable energy

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEDIATRIC PATIENTS WITH POISONING PRIMARILY TRANSPORTED BY THE 112 EMERGENCY MEDICAL SERVICES

112 ACİL SAĞLIK HİZMETLERİ TARAFINDAN TRANSFER EDİLEN PEDIATRİK TOKSİKASYON OLGULARININ RETROSPEKTİF ANALİZİ

Specialist Dr. Ümit Alper ÖZCAN

Ankara Bilkent City Hospital, Department of Pediatrics, Ankara, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3040-753X>

Specialist Dr. Esma KIR

University of Health Sciences, Gülhane Training and Research Hospital, Department of
Emergency Medicine, Ankara, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9529-2883>

ABSTRACT

Objective: Childhood poisoning is a common yet preventable cause of emergency medical care and demonstrates marked age-related differences in both the type of exposure and intent (accidental versus intentional self-poisoning). This study aimed to describe the demographic characteristics, exposure patterns, clinical presentation, and prehospital transport characteristics of pediatric poisoning cases transported by the 112 Emergency Medical Services (EMS).

Materials and Methods: This retrospective descriptive study included 40 pediatric patients aged 0–18 years with acute poisoning who were transported to a hospital by the 112 EMS. Continuous variables were summarized as mean $\pm$ standard deviation or median (interquartile range, IQR), while categorical variables were presented as frequencies and percentages. Key proportions were reported with Wilson 95% confidence intervals (95% CI).

Results: The mean age was 10.9 ± 6.1 years, with a bimodal age distribution: 30.0% of patients were aged 0–5 years and 55.0% were adolescents (13–18 years). Males accounted for 65.0% of the cohort, 90.0% of cases originated from urban areas, and 82.5% occurred during the spring season. Oral exposure was the most common route (57.5%). Poisoning was accidental in 65.0% of cases, whereas 35.0% (95% CI, 22.1–50.5) resulted from intentional self-poisoning, and 30.0% of patients had a documented psychiatric history. The most common toxic agents were household or industrial chemicals (35.0%) and alcohol or illicit substances (30.0%). At triage, 22.5% of patients were classified as red triage. Tachycardia was observed in 57.5% of patients, hypoxemia in 20.0%, and hypotension in 17.5%. No patient required endotracheal intubation or cardiopulmonary resuscitation, and there were no deaths. All patients (100%) were successfully transported to the hospital. The median total prehospital time was 32 minutes.

Conclusion: Pediatric poisoning cases transported by the 112 EMS demonstrated a bimodal age distribution and were generally delivered to the hospital in stable condition. The relatively high frequency of intentional self-poisoning and accompanying psychiatric history among adolescents highlights the importance of comprehensive mental health assessment and follow-up as part of post-transport care.

Keywords: poisoning, pediatric emergency, prehospital care, emergency medical services

ÖZET

Amaç: Çocukluk çağı zehirlenmeleri, önlenebilir olmalarına karşın acil sağlık başvurularının önemli bir bölümünü oluşturur ve hem maruziyet tipi hem de niyet (kazara/özkıyım) bakımından yaşa göre belirgin farklılıklar gösterir. Bu çalışma, 112 Acil Sağlık Hizmetleri (ASH) tarafından transfer edilen pediatrik toksikasyon olgularının demografik özelliklerini, maruziyet tiplerini, klinik başvuru bulgularını ve transfer süreçlerini betimlemeyi hedeflemektedir.

Gereç ve Yöntem: Retrospektif ve tanımlayıcı desende yürütülen çalışmaya, 112 ASH tarafından bir hastaneye transfer edilen 0–18 yaş arası 40 akut toksikasyon olgusu alındı. Sürekli değişkenler ortalama±standart sapma ya da medyan (çeyrekler arası aralık, ÇAA), kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak özetlendi; başlıca oranlar Wilson skor yöntemiyle hesaplanan %95 güven aralıklarıyla (GA) birlikte verildi.

Bulgular: Olguların yaş ortalaması 10,9±6,1 yıl olup yaş dağılımı iki uçta yoğunlaşmıştır: %30,0'u 0–5 yaş, %55,0'i 13–18 yaş grubundaydı. Olguların %65,0'i erkek, %90,0'ı kentsel kaynaklı ve %82,5'i ilkbahara aitti. Maruziyet en sık oral yolla (%57,5) gerçekleşmiş; %65,0 kazara, %35,0 (%95 GA 22,1–50,5) özkıyım amaçlıydı ve olguların %30,0'unda psikiyatrik hastalık öyküsü vardı. En sık toksik etkenler kimyasal maddeler (%35,0) ve alkol/madde (%30,0) idi. Triyajda olguların %22,5'i kırmızı kategorideydi; taşikardi %57,5, hipoksi %20,0, hipotansiyon %17,5 oranında görüldü. Hiçbir olguda entübasyon, kardiyopulmoner resüsitasyon ya da eksitus gelişmedi ve tüm olgular (%100) hastaneye teslim edildi. Medyan toplam prehospital süre 32 dakikaydı.

Sonuç: 112 ASH ile transfer edilen pediatrik toksikasyon olguları, yaşa göre iki uçta toplanan ve büyük bölümü hastaneye stabil teslim edilen bir tablo sunmaktadır. Ergenlerde özkıyım amaçlı maruziyetin ve eşlik eden psikiyatrik öykünün belirginliği, bu yaş grubunda ruhsal değerlendirmenin transfer sonrası bakımdaki yerini öne çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: zehirlenme, pediatrik acil, hastane öncesi bakım, 112 acil sağlık hizmetleri

GİRİŞ

Akut zehirlenmeler, çocukluk çağında acil servis başvurularının ve önlenebilir morbiditenin önde gelen nedenlerinden biri olup, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde çocuk sağlığı açısından süregelen bir sorun oluşturmaktadır. Klinik açıdan tek bir hastalık gibi görünseler de, pediatrik zehirlenmeler belirgin biçimde heterojendir; sorumlu etkenler, başvuru tablosu ve altta yatan niyet yaşa ve sosyokültürel bağlama göre değişkenlik gösterir [1]. Bu heterojenliğin en bilinen yansıması, yaşa bağlı çift tepeli (bimodal) dağılımdır: süt çocukluğu ve okul öncesi dönemde maruziyet ağırlıklı olarak merak, artan hareketlilik ve denetimsiz çevreye bağlı kazara alımlardan kaynaklanırken, ergenlik döneminde çoğu kez ruhsal bir zemine oturan özkıyım amaçlı maruziyetler ön plana geçer [2]. Bu ikili yapı yalnızca epidemiyolojik bir ayrıntı değil; koruyucu stratejilerin, klinik yaklaşımın ve transfer sonrası izlemin yaşa göre farklılaşmasını gerektiren işlevsel bir ayrımdır. Sorumlu ajanlar da sabit değildir; ilaçlar, korozif ve kimyasal maddeler, karbonmonoksit ile alkol/madde ülkeye, bölgeye ve döneme göre değişen oranlarda karşımıza çıkar ve bu değişkenlik, her bölgenin kendi epidemiyolojik verisini güncel tutmasını gerekli kılar [1].

Söz konusu olguların önemli bir bölümü sağlık sistemiyle ilk temasını 112 Acil Sağlık Hizmetleri (ASH) aracılığıyla kurar; dolayısıyla maruziyet tipinin, niyetin ve klinik ağırlığın daha saha aşamasında tanınması, olgunun uygun donanıma sahip merkeze zamanında yönlendirilmesinde belirleyici rol oynar. Buna karşılık hastane öncesi pediatrik literatür

ağırlıklı olarak travma ve nörolojik tablolara odaklanmış, zehirlenme gibi medikal olgular görece sınırlı biçimde incelenmiştir [3]. Özellikle 112 ASH tarafından primer transfer edilen pediatrik toksikasyon olgularının demografik, klinik ve operasyonel özelliklerini bütüncül olarak ele alan veriler oldukça azdır. Bu çalışma; bu olguların kim olduğunu, neye hangi yolla ve hangi niyetle maruz kaldığını, hangi klinik ağırlıkla başvurduğunu ve nasıl bir transfer süreci izlediğini betimlemeyi amaçlamaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma retrospektif ve tanımlayıcı desende planlandı. 112 ASH tarafından bir hastaneye transfer edilen, 0–18 yaş arası akut toksikasyon ön tanılı 40 olgu çalışmaya alındı. Olgulara ait demografik bilgiler; olay zamanı ve yeri; toksikasyon tipi, maruziyet yolu ve şekli (kazara/özkıym); eşlik eden yakınmalar; bilinç ve genel durum; vital parametreler ile yüksek aciliyet göstergeleri (taşikardi, hipotansiyon, hipoksi, solunum sıkıntısı); triyaj kategorisi; ekip tipi; prehospital süreler ile transfer edilen kurum ve transfer sonucu kayıt altına alındı.. Veriler IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) ile çözümlendi. Sürekli değişkenler ortalama±standart sapma ya da medyan (CAA), kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak özetlendi; başlıca oranlar Wilson skor yöntemiyle hesaplanan %95 güven aralıklarıyla (GA) birlikte sunuldu. Araştırma sorusu tanımlayıcı nitelikte olduğundan çözümlemeler betimleyici düzeyde tutuldu ve çıkarımsal testlere başvurulmadı.

BULGULAR

Kırk olgunun tanımlayıcı özellikleri Tablo 1'de topluca verilmiştir.

Tablo 1. Pediatrik toksikasyon olgularının tanımlayıcı özellikleri (n=40)

Değişken	Değer (n=40)
Demografik özellikler	
Yaş, yıl (ort.±SS)	10,9 ± 6,1
Yaş grubu — 0–5 yaş, n (%)	12 (30,0)
Yaş grubu — 6–12 yaş, n (%)	6 (15,0)
Yaş grubu — 13–18 yaş, n (%)	22 (55,0)
Cinsiyet — erkek, n (%)	26 (65,0)
Kentsel bölge, n (%)	36 (90,0)
Mevsim — ilkbahar, n (%)	33 (82,5)
Olay ve maruziyet özellikleri	
Olay yeri — ev, n (%)	19 (47,5)
Toksikasyon tipi — kimyasal madde, n (%)	14 (35,0)
Toksikasyon tipi — alkol/madde, n (%)	12 (30,0)
Toksikasyon tipi — ilaç, n (%)	6 (15,0)
Toksikasyon tipi — karbonmonoksit, n (%)	6 (15,0)
Maruziyet yolu — oral, n (%)	23 (57,5)
Maruziyet şekli — kazara / özkıym, n (%)	26 (65,0) / 14 (35,0)
Psikiyatrik hastalık öyküsü — var, n (%)	12 (30,0)
Klinik bulgular	
En sık eşlik eden yakınma — kusma, n (%)	9 (22,5)
Bilinç — açık / konfüze / uykuya meyilli, n (%)	29 (72,5) / 8 (20,0) / 3 (7,5)
Genel durum — iyi / orta / kötü, n (%)	23 (57,5) / 11 (27,5) / 6 (15,0)

Değişken	Değer (n=40)
Yüksek aciliyet göstergeleri	
Triyaj — yeşil / sarı / kırmızı, n (%)	8 (20,0) / 23 (57,5) / 9 (22,5)
Taşikardi — var, n (%)	23 (57,5)
Hipoksi — var, n (%)	8 (20,0)
Hipotansiyon — var, n (%)	7 (17,5)
Solunum sıkıntısı — var, n (%)	8 (20,0)
Entübasyon / KPR — var, n (%)	0 (0)
Vital bulgular	
Nabız, /dk (ort.±SS)	101,9 ± 17,5
SpO ₂ , % (ort.±SS)	94,7 ± 4,6
Transfer süreçleri	
Ekip tipi — ATT/paramedik, n (%)	34 (85,0)
Olay yerine ulaşım, dk (medyan; ÇAA)	9,0 (7,8–13,0)
Toplam prehospital süre, dk (medyan; ÇAA)	32,0 (27,0–48,0)
Transfer kurumu — EAH, n (%)	18 (45,0)
Hastaneye teslim, n (%)	40 (100)

ÇAA: çeyrekler arası aralık; EAH: eğitim ve araştırma hastanesi; KPR: kardiyopulmoner resüsitasyon; SS: standart sapma.

Yaş dağılımı, zehirlenmelerin ikili doğasını sayısal olarak yansıtabilecek biçimde iki uçta toplandı: olguların %30,0'u (%95 GA 18,1–45,4) 0–5 yaş, %55,0'i (%95 GA 39,8–69,3) 13–18 yaş grubundaydı ve 6–12 yaş aralığı yalnızca %15,0 ile temsil ediliyordu (ortalama yaş 10,9±6,1 yıl; medyan 14). Olguların üçte ikisi erkek (%65,0; %95 GA 49,5–77,9), neredeyse tamamı kentsel kaynaklı (%90,0) ve büyük çoğunluğu ilkbahar başvurusuydu (%82,5).

Maruziyet en sık oral yolla gerçekleşti (%57,5). Niyet açısından olguların %65,0'i kazara, %35,0'i (%95 GA 22,1–50,5) özkıyım amaçlıydı; bu ikinci grupla uyumlu olarak psikiyatrik hastalık öyküsü olguların %30,0'unda kayıtlıydı. Sorumlu etkenlerin başında kimyasal maddeler (%35,0) ve alkol/madde (%30,0) yer aldı; bunları eşit oranlarla ilaç ve karbonmonoksit (her biri %15,0) izledi. Olay yeri çoğunlukla evdi (%47,5).

Klinik tablo büyük ölçüde korunmuştu: olguların %72,5'inde bilinç açıktı ve %57,5'inde genel durum iyi olarak değerlendirildi; en sık eşlik eden yakınma kusmaydı (%22,5). Buna karşın ciddi seyirli bir alt grup dikkat çekiyordu — olguların %22,5'i (%95 GA 12,3–37,5) kırmızı triyaj kategorisindeydi ve yüksek öncelikli (kırmızı/sarı) oran %80,0'e ulaşıyordu. Yüksek aciliyet göstergelerinden taşikardi %57,5, hipoksi ve solunum sıkıntısı %20,0, hipotansiyon ise %17,5 sıklığındaydı (ortalama nabız 101,9±17,5/dk; SpO₂ %94,7±4,6). Yine de hiçbir olguda entübasyon, kardiyopulmoner resüsitasyon ya da eksitus gelişmedi.

Transfer süreçleri hızlı işledi: medyan olay yerine ulaşım süresi 9,0 dakika, medyan toplam prehospital süre 32,0 dakikaydı (ÇAA 27,0–48,0). Olgular ağırlıklı olarak ATT/paramedik ekiplerce (%85,0) taşındı, en sık eğitim ve araştırma hastanesine (%45,0) yönlendirildi ve tamamı (%100; %95 GA 91,2–100) hastaneye teslim edildi.

TARTIŞMA

Pediyatrik toksikasyonun yaşa göre iki tepe yaptığı bilgisi serimizde de açık biçimde gözlenmiştir: küçük çocuklardaki kazara alımlar ile ergenlerdeki özkıyım amaçlı maruziyetler bir arada bulunmaktadır. Andiran ve Sarıkayalar'ın Ankara'da yürüttüğü ve yıllar içindeki

değişimi inceleyen çalışmada da benzer yaş örüntüsü ve etken çeşitliliği bildirilmiştir [1]. Özkıyım amaçlı maruziyetin olgularımızın üçte birini (%35,0) oluşturması ve bu olgulara sıklıkla psikiyatrik öykünün (%30,0) eşlik etmesi, ergenlerde kasıtlı zehirlenmelerin ağırlığını vurgulayan Bulut ve arkadaşlarının Türkiye verileriyle örtüşmektedir [2]; bu bulgu, ergen zehirlenmelerinde ruhsal değerlendirmenin transfer sonrası bakımın ayrılmaz bir parçası olması gerektiğine işaret eder. Etken dağılımında kimyasal madde ve alkol/madde alımının öne çıkması ise, sorumlu ajanların bölge ve döneme göre değişkenlik gösterdiği yönündeki bilgiyle uyumlu, beklenen bir yansımadır. Hastane öncesi sürece bakıldığında, olguların büyük bölümünün kentsel kaynaklı oluşu ve en sık eğitim-araştırma hastanesine yönlendirilmesi, Yazıcı ve arkadaşlarının Ankara 112 pediatrik travma serisindeki dağılımı andırmaktadır [4]. Yanıt ve transfer sürelerinin kısalığı, Akkan Öz ve Yazıcı'nın da aralarında bulunduğu ekibin Ankara 112 yanık verilerine dayanan çözümlemesinde tanımlanan süre performansı ile tutarlıdır [5]. Olguların yaklaşık beşte birinin kırmızı triyaj kategorisinde yer almasına karşın hiçbirinde entübasyon, kardiyopulmoner resüsitasyon veya eksitus görülmemesi; ciddi seyirli bir alt grubun varlığına rağmen tüm olguların hastaneye canlı ve teslim edilebilir durumda ulaştığını ortaya koymaktadır. Bu tablo, ambulansla getirilen pediatrik olgularda değişken aciliyet düzeyleri bildiren Bucak ve arkadaşlarının gözlemleriyle benzeşmektedir [6]. Yorumlama sırasında bazı sınırlamalar göz önünde bulundurulmalıdır: örneklem görece küçüktür (n=40), veriler tek merkeze ve büyük ölçüde tek mevsime aittir, tasarım retrospektiftir. Yine de, 112 ile transfer edilen pediatrik toksikasyon olgularına özgü hastane öncesi verileri bir araya getirmesi, çalışmanın başlıca katkısını oluşturmaktadır.

SONUÇ

112 ASH tarafından transfer edilen pediatrik toksikasyon olguları, yaşa göre iki uçta toplanan, çoğunlukla kentsel kaynaklı ve büyük bölümü hastaneye stabil teslim edilen bir tablo ortaya koymaktadır. Ergenlerde özkıyım amaçlı maruziyetin ve eşlik eden psikiyatrik öykünün belirginliği, bu yaş grubunda ruhsal değerlendirme ve koruyucu yaklaşımların önemini öne çıkarmaktadır. Kırmızı triyajlı olguların azımsanmayacak oranı ise hastane öncesi triyaj ve hızlı transferin sürdürülmesi gerektiğini düşündürmektedir. Bulguların daha geniş, çok merkezli ve çok mevsimli serilerle desteklenmesi, çıkarımların güçlenmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Andiran N, Sarıkayalar F. Pattern of acute poisonings in childhood in Ankara: what has changed in twenty years? *Turk J Pediatr.* 2004;46(2):147-152.
2. Bulut M, Küçük Alemdar D, Bulut A, Tekin E, Çelikkalkan K. Evaluation of accidental and intentional pediatric poisoning: retrospective analysis in an emergency department of Turkey. *J Pediatr Nurs.* 2022;63:e44-e49.
3. Turan C, Saz EU, Anil M, et al. The first national data of Turkish prehospital emergency care for children: epidemiology, clinical characteristics, and outcomes. *Hong Kong J Emerg Med.* 2022;29(5):289-295.
4. Yazıcı R, Güner M, Bala ED, et al. Examination of the transport characteristics of pediatric trauma patients. *Turk J Med Sci.* 2024;54(4):847-857.
5. Bulut B, Genç M, Akkan Öz M, Yazıcı R, et al. Prehospital and emergency data analysis in burn patients: mortality predictors and response times over five years. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2025;31(2):140-147.
6. Bucak İH, Almış H, Benli S, Geyik M, Turgut M. An evaluation of patients brought to the pediatric emergency department by ambulance. *J Pediatr Emerg Intensive Care Med.* 2020;7(2):62-68.

Impact of Exercise adherence and Work-Life Balance on Employees Performance

1. Dr. Ambreen Anjum, Associate Professor, Virtual University of Pakistan 2. Kshaf Nasir, Ph.D. Scholar, Lahore College for Women University

This study aims to examine the relationship between perceived exercise benefits, exercise adherence, and work-life balance. The study further aims to assess the impact of exercise adherence on employees' work performance. The study employed a quantitative, cross-sectional correlational research design to examine the relationship between perceived exercise benefits, perceived exercise barriers, work-life balance, and exercise adherence among full-time employees in Pakistan. A non-probability convenience sample of 160 full-time employees (82 males and 78 females), working at least 40 hours per week, was recruited from various organizations in Lahore. Participants completed standardized instruments measuring Perceived Benefits/Barriers to Exercise Scale (Sechrist et al 1987), Exercise Adherence Rating Scale (Gillison et al 2011). Data was analyzed using descriptive statistics, Pearson product-moment correlation, regression analysis and an independent samples t-test. The findings revealed significant positive correlations between perceived exercise benefits and exercise adherence ($r = .57, p < .01$), as well as between work-life balance and exercise adherence ($r = .53, p < .01$). No significant gender differences were observed in exercise adherence. The findings suggest that positive perceptions of exercise and a healthy work-life balance are important factors associated with greater adherence to regular physical activity among full-time employees. The findings indicate that employees who perceive greater benefits of regular exercise are more likely to engage consistently in physical activity, which may contribute to better management of work and personal responsibilities and enhanced work performance. These results highlight the importance of developing comprehensive workplace wellness programs that address both individual motivational factors and organizational policies that promote work-life balance to enhance long-term exercise adherence.

Keywords: exercise adherence, perceived exercise benefits, perceived exercise barriers, work-life balance, full-time employees, occupational health, Pakistan.

EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF HYPERLIPIDEMIA AND DEVELOPMENT OF A RATIONAL HERBAL FORMULATION

Khadija Almas

Department of Epidemiology and Public Health, University of Agriculture, Faisalabad,
Pakistan.

Wafa Majeed

Department of Pharmacy, Faculty of Health and Pharmaceutical Sciences, University of
Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Ayesha Nazar

Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Abstract

Hyperlipidemia is incredibly common around the world, but especially in the Western Hemisphere. Hyperlipidemia comes in two varieties: primary and secondary. Primary hyperlipidemia is mostly caused by a hereditary ailment known as familial hyperlipidemia, while secondary hyperlipidemia is brought on by diseases like hypothyroidism, obesity, diabetes, chronic alcohol consumption, and beta-blocker prescription use. Polyherbal products may provide an affordable and acceptable complementary or alternative treatment modality to hyperlipidemia management that can significantly contribute to CVD risk and burden reduction on a large scale if it proves effective and safe. The present study was designed to evaluate the epidemiological prevalence of hyperlipidemia and to investigate the therapeutic potential of a herbal formulation prepared from natural plant sources including Berberis, Terminalia arjuna, Emblica officinalis (amla) and Commiphora mukul (guggul). The epidemiological survey was conducted to evaluate demographic characteristics, dietary habits, physical activity, and medical history of the participants to identify major risk factors contributing to hyperlipidemia. The second part of the study involved product development and efficacy evaluation. The herbal formulation was prepared in powder form by combining selected medicinal plants and was analyzed for proximate composition, total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC). The proximate analysis of Polyherbal Product revealed that 6.93 ± 0.15 % moisture, 11.93 ± 0.15 % Fiber, 9.03 ± 0.15 % protein, 5.33 ± 0.15 Ash, 4.6 ± 0.1 % fat and 62.23 ± 0.80 % NFE contents. Total phenolic content was observed maximum (73.26 ± 0.80 mg GAE/100g) and total flavonoid content of poly herbal product were observed minimum (42.43 ± 0.60 mg CE/100g).

WHY ECO-NUDGING TRIGGERS BOTH COMPLIANCE AND REACTANCE: EVIDENCE FROM EMERGING DIGITAL FINANCE MARKETS

Eduardus Suharto

Perbanas Institute, Jakarta, Indonesia

Mercurius Broto Legowo

Perbanas Institute, Jakarta, Indonesia

ABSTRACT

The integration of environmental sustainability into banking governance increasingly extends beyond disclosure compliance toward behavioural implementation through digital platforms. This study examines how eco-nudging embedded in mobile banking applications influences green financial intention through two competing psychological mechanisms: compliance and psychological reactance. The moderating role of cultural norm orientation and potential gender heterogeneity are also investigated. Data were collected from 266 digital banking users and analysed using partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM). The results reveal that eco-nudging positively influences both compliance and psychological reactance. While compliance contributes positively to green financial intention, psychological reactance exerts a substantially stronger influence. The model explains a considerable proportion of the variance in green financial intention. Furthermore, cultural norm orientation weakens the positive relationship between eco-nudging and compliance, while multi-group analysis indicates no significant differences across gender groups. These findings reveal an eco-nudging paradox within regulated banking environments: sustainability-oriented digital prompts may simultaneously encourage and undermine green financial behavior. The study contributes to sustainable banking governance by highlighting behavioural risk considerations in ESG implementation and provides policy implications aligned with prudential climate-risk supervision frameworks

Keywords: Compliance, Eco-Nudging; Emerging Digital; Finance Markets; Reactance:

COMPARATIVE EVALUATION OF ULTRAVIOLET PROTECTION PROPERTIES OF ZN(II) AND FE(II) COMPLEXES BASED ON COUMARIN DERIVATIVES

Mimoza KOSKOVIKU

University of Prishtina, Department of Chemistry, Prishtina, Kosovo

Hamit ISMAILI

University of Prishtina, Department of Chemistry, Prishtina, Kosovo

Arben HAZIRI

University of Prishtina, Department of Chemistry, Prishtina, Kosovo

Abstract

Coumarin derivatives are an important class of heterocyclic compounds characterized by interesting photochemical and optical properties, making them attractive candidates for the development of functional materials with ultraviolet (UV) absorption potential. Coordination with metal ions can modify the electronic environment of the coumarin chromophore and consequently influence its UV-screening behavior. In this study, the ultraviolet protection properties of a series of Zn(II) and Fe(II) complexes derived from coumarin-based ligands were comparatively evaluated. Eight ligand systems (L_1 – L_8) and their corresponding zinc and iron complexes were investigated. The UV protection performance of the synthesized compounds was assessed spectrophotometrically by determining the Ultraviolet Protection Factor (UPF). The Zn(II) complexes exhibited UPF values ranging from 1.51 to 1.85, whereas the Fe(II) complexes showed values ranging from 1.41 to 1.68. Among the investigated Zn(II) compounds, $Zn(L_4)_2$ displayed the highest UPF value of 1.85, followed by $Zn(L_8)_2$ with a value of 1.80. For the Fe(II) series, the highest UPF value was observed for $Fe(L_6)_2$ (1.68), while $Fe(L_3)_2$ showed the lowest value (1.41). The observed differences demonstrate that both the ligand framework and the coordinated metal ion influence the UV protection characteristics of coumarin-based systems. Overall, the comparative evaluation provides further insight into the relationship between metal coordination and UV-screening behavior and may contribute to the development of coumarin-derived functional materials with tunable ultraviolet absorption properties.

Keywords: Coumarin derivatives, zinc complexes, iron complexes, ultraviolet protection factor, UV absorption.

COMPREHENSIVE REVIEW OF LEAD-FREE HALIDE PEROVSKITES FOR SOLAR CELLS AND PHOTOCATALYSIS

Laiba Khan

Department of Physics, University of Malakand

Sumayya Rasool

Department of Physics, University of Malakand

Maarij Wadood

Department of Physics, University of Malakand

Abstract

Lead based halide perovskites have two main problems. Lead is toxic, and these materials do not stay stable for long. Because of this, researchers are working on lead free alternatives. This paper is a literature review that compares six lead free halide perovskites: FASnI_3 , Cs_2TiBr_6 , Cs_2SnI_6 , $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$, $\text{Cs}_3\text{Bi}_2\text{I}_9$, and $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$. These materials belong to three different structure types: 3D perovskites, vacancy ordered double perovskites, and layered structures. This review looks at their structural, thermal, chemical, electronic, and optical properties, and compares them with common lead based perovskites like MAPbI_3 and with normal semiconductors such as silicon (Si), titanium dioxide (TiO_2), and cadmium sulfide (CdS). The goal is to understand how the structure of each material connects to its properties and how well it can work in a real device.

The review shows a clear pattern. Materials that perform better are usually less stable, and materials that are more stable usually perform worse. FASnI_3 has a band gap close to the ideal value for solar cells, about 1.2 to 1.4 eV, and it absorbs light strongly, more than 10^5 cm^{-1} . Because of this, FASnI_3 is the best lead free option for solar cells so far. But it has one big problem. Sn^{2+} in the material slowly turns into Sn^{4+} , and this creates defects and hurts long term stability. On the other hand, materials like Cs_2TiBr_6 , $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$, $\text{Cs}_3\text{Bi}_2\text{I}_9$, and $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ are more stable because their metal ions stay in a stable state and their structure is fully inorganic. But these materials have indirect band gaps, around 1.8 to 2.4 eV, and they carry charge less well, so they work better for photocatalysis than for high efficiency solar cells. Cs_2SnI_6 is a special case. It has a narrow band gap of about 1.3 eV, and it works well as an electron transport or passivation layer in tin based perovskite solar cells.

In short, no single lead free perovskite is perfect for every use. But this review shows clear patterns, based on structure type, oxidation state stability, and band gap, that can help guide future work on lead free perovskite materials for solar energy and photocatalysis.

Keywords: Lead free halide perovskites; FASnI_3 ; double perovskites; solar cells; photocatalysis; band gap engineering

YTTRIUM-INDUCED STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL MODIFICATIONS IN $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ LAYERED CERAMICS BENBRIKA CHAIMA

Benbrika Chaima

University of Biskra, Faculty of Exact Sciences, Department of Materials Science, Biskra, Algeria.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0349-8600>

Menasra Hayet

University of Biskra, Faculty of Science and Technology, Department of Industrial Chemistry, Biskra, Algeria.

Sbaihi Amira

University of Biskra, Faculty of Exact Sciences, Department of Materials Science, Biskra, Algeria.

Abstract

This study provides an in-depth evaluation of the structural, lattice, and morphological properties of Yttrium (Y)-doped bismuth titanate $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, designated as BIT), Aurivillius nanoparticles prepared via a low-temperature molten-salt synthesis method. The research primarily focuses on understanding how rare-earth element incorporation influences the crystalline framework and surface morphology of three-layer Aurivillius structures. X-ray diffraction (XRD) characterization confirms the formation of a pure, single-phase Aurivillius compound without unreacted precursor residues or secondary impurity phases. Structural refinement reveals that the synthesized nanopowders crystallize in the orthorhombic crystal system belonging to the Aba2 space group. The substitution of Bi^{3+} cations by Y^{3+} dopants within the lattice leads to systematic structural modulations, including a progressive expansion of the unit cell volume. Detailed bond length analysis indicates that this lattice expansion is accompanied by an increase in the average cation–anion bond distances within the pseudo-perovskite sublattices. This demonstrates that Yttrium doping directly modifies the internal octahedral tilting and local symmetry of the BIT crystal matrix. Morphological investigations carried out using scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) show a well-crystallized and densely packed microstructural arrangement. The overall morphology is dominated by distinct, agglomerated plate-like grains, which reflect the intrinsic anisotropic growth tendencies characteristic of layered bismuth titanate materials. The elemental mapping confirms a uniform spatial distribution of bismuth, titanium, yttrium, and oxygen, highlighting the compositional homogeneity achieved through the low-temperature molten-salt reaction route. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy further verifies the chemical bonding and structural stability of the Aurivillius framework. Prominent absorption bands recorded in the $400\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ wavenumber region correspond directly to the characteristic vibrational modes of the TiO_6 octahedra, confirming that the fundamental structural backbone remains fully preserved following Yttrium incorporation. In summary, the study demonstrates that controlled Yttrium doping effectively tunes the crystallographic and morphological characteristics of BIT Aurivillius nanoparticles for functional applications.

Keywords: BIT Aurivillius; Yttrium doping; Orthorhombic phase; Molten-salt synthesis; SEM/EDX morphology; FTIR spectroscopy.

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL INSIGHTS INTO BARIUM-DOPED $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ AURIVILLIUS CERAMICS

Benbrika Chaima

University of Biskra, Faculty of Exact Sciences, Department of Materials Science, Biskra, Algeria.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0349-8600>

Menasra Hayet

University of Biskra, Faculty of Science and Technology, Department of Industrial Chemistry, Biskra, Algeria.

Sbaihi Amira

University of Biskra, Faculty of Exact Sciences, Department of Materials Science, Biskra, Algeria.

Abstract

This study investigates the structural, morphological, and vibrational properties of Barium (Ba^{2+}) doped $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (BIT) ceramics, a member of the three-layer Aurivillius phase family. Aurivillius oxides are promising candidates for photocatalytic applications and wastewater treatment; however, structural modification through cation substitution is often necessary to optimize their performance. In this work, BIT-Ba nanoparticles were synthesized via a low-temperature molten-salt method, offering a simple and controlled route to prepare pure crystalline nanopowders. Structural characterization using powder X-ray diffraction (XRD) confirmed that the Ba-doped $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ceramics retain a pure three-layer Aurivillius-type layered structure. The synthesized phase crystallizes in a pure orthorhombic crystal lattice belonging to the Aba2 space group without secondary phase impurities. The heterovalent substitution of Bi^{3+} ionic radii by Ba^{2+} ions leads to a notable expansion in the unit cell volume. This volume expansion is attributed to the larger ionic radius of Ba^{2+} compared to Bi^{3+} , which subsequently increases the average cation-anion bond distances within the perovskite-like octahedral sub-lattice (Ti–O octahedra). Morphological features and elemental distributions analyzed through Scanning Electron Microscopy (SEM) combined with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) revealed a relatively dense and uniform microstructure. The nanoparticles exhibit a typical micro-grain agglomerated plate-like morphology, which is characteristic of Aurivillius layered structures due to their anisotropic crystal growth along the a-b planes. Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy further confirmed the formation of the layered Aurivillius oxide matrix. The spectra display prominent metal-oxygen absorption bands in the wavenumber region between 400 cm^{-1} and 700 cm^{-1} . These characteristic vibration bands correspond to the stretching and bending modes of the TiO_6 octahedral units within the perovskite layers. Overall, the low-temperature molten-salt technique successfully yields pure, well-crystallized Ba-doped BIT plate-like nanoparticles with altered lattice parameters, opening up possibilities for enhanced photocatalytic performance in environmental remediation.

Keywords: BIT Aurivillius; Barium doping; Orthorhombic phase; Molten-salt synthesis; SEM/EDX morphology; FTIR spectroscopy.

EFFECT OF SELECTED WEED AND SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ON CARBON SEQUESTRATION

EWETOLA Esther. A.

Ladoke Akintola University of Technology, P.M.B. 4000, Ogbomoso, Nigeria

ADEKUNLE Adebola B.

Ladoke Akintola University of Technology, P.M.B. 4000, Ogbomoso, Nigeria

ABSTRACT

Soil carbon sequestration has emerged as a key strategy for mitigating climate change while improving soil health and agricultural sustainability. This study examined the influence of selected weed species: *Tithonia diversifolia*, *Chromolaena odorata*, *Pennisetum purpureum*, and *Vetiveria chrysopogon* on soil physical properties and their role in enhancing carbon storage. The study was carried at the Teaching and Research Farm, Ladoke Akintola University of Technology (LAUTECH), Ogbomoso, Oyo State, Nigeria. A completely randomized design (CRD) was employed with five treatments, including an arable land control. Soil samples were collected at a depth of 0–15 cm and analyzed for bulk density, total porosity, gravimetric and volumetric moisture contents, and soil organic carbon (SOC) stock. Standard laboratory procedures were followed, and data were subjected to analysis of variance (ANOVA) at a 5% probability level to determine treatment effects. Results revealed that vegetation type significantly influenced soil moisture content and SOC accumulation ($P < 0.05$). Soils under *Tithonia diversifolia* recorded the highest organic carbon concentration (2.49%) and SOC stock (47.21 Mg ha⁻¹), while the lowest values occurred under arable land (0.62% and 12.30 Mg ha⁻¹, respectively). Total Nitrogen and exchangeable Ca were significantly lower respectively on arable land by (0.11%, 1.94 cmol/kg) than vetiver grass (0.80%, 2.75 cmol/kg). Also, gravimetric and volumetric moisture content were significantly higher on vegetated plots than arable land. In conclusion, maintaining vegetative cover—particularly with *Tithonia diversifolia*—significantly enhances carbon sequestration potential. The study recommends integrating beneficial weed species into sustainable soil management frameworks as a cost-effective, nature-based approach to combating land degradation and mitigating climate change.

Keywords: Soil, physical properties, chemical properties, organic carbon stock

1,3-DIPOLAR CYCLOADDITIONS FOR THE SYNTHESIS OF BIOACTIVE NITROGEN HETEROCYCLES: REACTIVITY, STRUCTURE-ACTIVITY APPROACH AND IN-SILICO STUDIES

Yassine Koubi

Molecular Chemistry and Natural Substances Laboratory (MCNSL), Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Moulay Ismail, Meknes, Morocco.

Tahar Lakhli

Molecular Chemistry and Natural Substances Laboratory (MCNSL), Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Moulay Ismail, Meknes, Morocco.

Mohammed Bouachrine

Molecular Chemistry and Natural Substances Laboratory (MCNSL), Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Moulay Ismail, Meknes, Morocco.

Abstract

This work underscores the inherent limitations of experimental studies in organic chemistry, which remain costly, time-consuming, and prone to significant variability depending on experimental conditions. To address these challenges, it adopts theoretical and computational approaches, particularly quantitative structure–activity/property relationships (QSAR/QSPR), which establish correlations between molecular descriptors and the biological or physicochemical properties of compounds. The research focuses on heterocycles, with special emphasis on the 1,2,3-triazole, distinguished by its polarity, rigidity, and ability to form hydrogen bonds, and widely recognized as a structural motif in drug design with diverse biological activities. The study integrates both reactivity analysis and density functional theory (DFT) to investigate the regioselectivity of the 1,2,3-triazole ring, employing global indices (electrophilicity, nucleophilicity, electronic potential) and local indices (Fukui functions). A transition state analysis was further conducted to compare the characteristics of the possible products. Complementary molecular docking and molecular dynamics simulations, were performed to explore ligand–target interactions, using crystallographic structures available in the Protein Data Bank (PDB) as reference models. By combining these computational strategies, the research successfully identified and proposed new therapeutic candidates, rigorously evaluated against, drug-likeness, and ADME-Tox criteria. This integrated approach paves the way for the rational design of innovative molecules with high pharmacological potential, reinforcing the role of computational chemistry as a powerful tool in modern drug discovery.

Keywords: QSAR Modeling; ADME Tox; Molecular Docking; DFT; 1,2,3-triazole;

PERCEIVED BENEFITS OF EXCLUSIVE BREASTFEEDING OUTCOME AMONG MOTHERS ATTENDING IMMUNIZATION UNIT OF MURTALA MUHAMMAD SPECIALIST HOSPITAL, KANO STATE, NIGERIA

Sumayyah Bala Abdullahi RN, RM, BNSC, PGDE MSc Public Health Nursing (in View)

Affiliation: Bayero University Kano State, Nigeria,

Orcid ID: 0000-0002-8075-0877

Abdullahi Dahiru RN, PhD

Institution: Lincoln University, Nigeria

Orcid ID: 0000-0001-7676-0506

ABSTRACT

Background: Infant feeding methods are a major determinant of infant nutritional status, which in turn, affects infant morbidity and mortality. Among feeding methods, exclusive breastfeeding is of particular importance as this practice is fundamental for growth, development, health and survival of infants.

Study Objectives: The study aimed to determine the perception of mothers on the benefits and outcome of exclusive breastfeeding as well as the factors that hinders mothers to practice exclusive breastfeeding.

Study setting: Immunization Unit of Murtala Muhammad Specialist Hospital, Kano State, Nigeria.

Methodology: The study utilized a cross-sectional descriptive research design, where 148 respondents were sampled using systematic sampling technique.

Research Instrument: Questionnaires were used to collect data, data for the study was analyzed using the statistical package for social sciences (SPSS) version 20 and presented in frequency and percentages.

Results: Findings from the study shows that 56.8% of the respondents are within the age group of 15 – 25; while 77.7% of the respondents are of Hausa/ Fulani tribal group; 29.7% of the respondents strongly agreed that exclusive breastfeeding improves child spacing through lactational amenorrhea while 57.4% strongly agrees that exclusive breastfeeding makes babies healthy; 60.8% of the respondents agreed that infants not exclusively breastfed requires more prescriptions and hospital stay in the first year of life while 83.8% disagree that exclusive breastfeeding decreases infants mortality rate; 83.1% of the respondents agreed that stress prevents the mothers from breastfeeding their babies exclusively.

Conclusion: The study concludes that the respondents are aware of the benefits of exclusive breastfeeding and the outcome of exclusive breastfeeding but majority of the respondents believes that exclusive breastfeeding does not decrease infant mortality rate.

Recommendation: The study recommends that all clinics, primary health care centers and hospitals in Nigeria should be designed and supported to become baby friendly.

PREVALENCE AND PATTERNS OF POTENTIALLY INAPPROPRIATE MEDICATIONS AND PRESCRIBING OMISSIONS IN HOSPITALIZED PEDIATRIC PATIENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY USING THE KIDS LIST AND POPI CRITERIA

Tahira Ansar Sanam

Government College University Faisalabad, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Department of Pharmacy Practice, Faisalabad, Pakistan.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-5744-4649>

Shahid Shah

Government College University Faisalabad, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Department of Pharmacy Practice, Faisalabad, Pakistan.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7396-8341>

Abstract

Background: Potentially inappropriate medications (PIMs) and potential prescribing omissions (PPOs) are important contributors to medication-related harm in children, yet evidence from low- and middle-income countries remains limited. This study assessed the prevalence, patterns, and predictors of PIMs and PPOs among pediatric patients using the Key Potentially Inappropriate Drugs in Pediatrics (KIDs) List 2025 and Pediatrics: Omission of Prescriptions and Inappropriate Prescriptions (POPI) 2024 criteria.

Methodology: A multicenter cross-sectional study was conducted among pediatric patients (<18 years) attending inpatient and outpatient services at tertiary care hospitals in Pakistan between September 2025 and January 2026. PIMs and PPOs were identified using the KIDs List 2025 and POPI 2024 criteria. Multivariable logistic regression was performed to identify factors associated with PIMs and PPOs.

Results: A total of 2,877 pediatric patients were included; 54.1% were female, 12.0% had at least one comorbidity, and 66.7% received polypharmacy (≥ 5 medications). Overall, 19.5% of patients had at least one PIM, with 9.0% identified by both screening tools. The POPI criteria detected more PIMs than the KIDs List (12.0% vs. 7.9%), while PPOs were identified in 22.5% of patients. Among KIDs-listed medications, 20.2% were prescribed, with montelukast sodium accounting for the highest proportion of inappropriate prescribing (152/153; 99.3%). Pain and fever management represented the most frequent PIM category, whereas omission of oral rehydration solution in children with gastroenteritis was the most common PPO (523/647; 80.8%). Younger age, polypharmacy, number of prescribed medications, and healthcare setting were independently associated with PIMs, whereas age was the only independent predictor of PPOs.

Conclusions: PPOs were more prevalent than PIMs, indicating that assessment of prescribing omissions complements evaluation of inappropriate medications and provides a more comprehensive measure of prescribing quality. Routine application of validated pediatric prescribing tools, together with medication review and antimicrobial stewardship interventions, may improve medication safety in pediatric practice.

Keywords: medication safety; potentially inappropriate medications; prescribing omissions; pediatrics; KIDs List; POPI.

DEVELOPMENT OF CHITOSAN–ZNO–GHASSOUL CLAY BIOHYBRID BEADS FOR PHOTOCATALYTIC DYE DEGRADATION AND CU(II) PHOTOREDUCTION

Soukaina El Bourachdi

Laboratory of Engineering, Electrochemistry, Modelling and Environment, Faculty of Sciences Dhar El Mehraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

Abdelhay El Amri

International Water Research Institute (IWRI), Mohammed VI Polytechnic University, Lot 660 Hay Moulay Rachid, Ben Guerir 43150, Morocco

Mahdi Lechheb

Materials Sciences for Energy and Sustainable Development Team, Department of Chemistry, FST Errachidia, Moulay Ismail University, Errachidia, Morocco

Yassine Rakcho

Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Natural Substances and Environment, Chemistry Department, Sciences and Technology Faculty, Abdelmalek Essaâdi University, Tangier 90090, Morocco

Ilham Naghoum

Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Natural Substances and Environment, Chemistry Department, Sciences and Technology Faculty, Abdelmalek Essaâdi University, Tangier 90090, Morocco

Amal Lahkimi

Laboratory of Engineering, Electrochemistry, Modelling and Environment, Faculty of Sciences Dhar El Mehraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

ABSTRACT

This study developed a sustainable photocatalytic system for wastewater treatment based on green-synthesized ZnO nanoparticles incorporated into chitosan-based composite beads. ZnO nanoparticles were synthesized using *Argania spinosa* press-cake extract and optimized through a Box–Behnken design to maximize their surface area. The optimized nanoparticles were subsequently incorporated into binary (CS@ZnO) and ternary (CS@ZnO@Ghassoul) nanocomposite beads using a simple ionotropic gelation method.

The ternary CS@ZnO@Ghassoul nanocomposite exhibited superior performance, achieving a BET surface area of 39.823 m²/g and 97.87% photodegradation of Basic Yellow 28 within 40

min, with a reaction rate constant (k_{app}) of 0.1071 min^{-1} , significantly higher than that of pure ZnO. The beads also showed excellent reusability, retaining more than 96% degradation efficiency after three regeneration cycles. Furthermore, the regenerated composites demonstrated a dual functionality by efficiently photoreducing Cu^{2+} ions. The regenerated CS@ZnO@Ghassoul beads achieved 99.5% Cu^{2+} removal within 110 min ($k_{app} = 0.02614 \text{ min}^{-1}$), outperforming the regenerated CS@ZnO beads (92.01%, $k_{app} = 0.01505 \text{ min}^{-1}$), while maintaining a high BET surface area of $30.966 \text{ m}^2/\text{g}$. These findings highlight the potential of the developed composite as a recyclable and efficient photocatalyst for wastewater remediation.

Computational calculations using density functional theory (DFT) supported the experimental findings, revealing that Basic Yellow 28 has a narrow energy gap (2.05 eV), indicating high reactivity. The high electrophilicity index ($\omega = 4.59 \text{ eV}$) confirms that BY28 is a strong electron acceptor, readily attracting electrons from the photocatalyst surface. Additionally, the high charge transfer capacity ($\Delta N_{max} = 2.92$) demonstrates its strong ability to exchange electrons with ZnO, which facilitates rapid oxidative degradation. These electronic properties explain why BY28 is efficiently degraded by the CS@ZnO@Ghassoul clay composite. Finally, the developed beads successfully treated real textile wastewater, reducing chemical oxygen demand (79.3%), biochemical oxygen demand (67.0%), and dye content (59.9%). These results demonstrate that the CS@ZnO@Ghassoul ternary nanocomposite is an efficient, reusable, and eco-friendly photocatalyst with strong potential for sustainable industrial wastewater treatment and circular economy applications.

Keywords: Argania spinosa press-cake extract; Basic Yellow 28; BET surface area; Cu^{2+} photoreduction; Green synthesis; Zinc oxide particles

**EFFECTS OF DEFICIT IRRIGATION ON THE YIELD PARAMETERS OF
ROCKET (*Eruca sativa* L.) GROWN IN GREENHOUSE CONDITIONS**

**SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ROKA BİTKİSİNE (*Eruca sativa* L.)
KISITLI SULAMA UYGULAMASININ VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİ**

Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud

Benha University, Faculty of Agriculture, Agricultural and Biosystem Engineering
Department, Qalubiya, Egypt

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8193-388X>

Prof. Dr. Yasemin Kuşlu

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4008-1004>

ABSTRACT

This study investigated the effects of different water levels on the yield of rocket (*Eruca sativa* L.) grown under greenhouse conditions. The experiment was conducted in a greenhouse with a natural ventilation system and polycarbonate covering material, in 5-liter pots with 4 plants per pot. Deficit irrigation was performed according to the evaporation value read from a reduced evaporation pan. Full irrigation (S1) was applied at 100% of the evaporation value, while restricted irrigations were applied at 80% (S2) and 60% (S3) of the evaporation value.

Water consumption per pot was determined as 133.0 mm in total for the S1 treatment, 106.4 mm for the S2 treatment, and 79.8 mm for the S3 treatment. The average leaf length and marketable yield were observed in the S1 treatment at 18.67 cm and 13.15 g, respectively, while the average number of leaves per plant was observed in the S2 treatment at 7.44.

The study concluded that applying high levels of water restriction in leafy green vegetables reduces marketable plant yield; however, in cases of mandatory "deficit irrigation" due to insufficient water resources, irrigation restriction of up to 80% may be recommended.

Key Words: *Eruca sativa*, deficit irrigation, plant water consumption, greenhouse conditions

ÖZET

Bu çalışmada sera koşullarında yetiştirilen roka (*Eruca sativa* L.) bitkisine uygulanan kısıtlı sulama düzeylerinin bitki verimi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Deneme doğal havalandırma sistemine ve polikarbon örtü malzemesine sahip serada ve 5 litre hacimli saksılarda her saksıda 4 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Kısıtlı sulama uygulamaları indirgenmiş buharlaşma kabından okunan buharlaşma değerine göre yapılmıştır. Tam sulama

(S1) konusunda buharlaşma değerinin %100'ü, kısıtlı sulamalar ise buharlaşma değerinin %80'i (S2) ve %60'ı (S3) uygulanarak yapılmıştır.

Saksı başına su tüketimi, S1 uygulamasında toplam 133.0 mm; S2 uygulamasında 106.4 mm ve S3 konusunda ise 79.8 mm olarak belirlenmiştir. Ortalama yaprak boyu ve pazarlanabilir verim sırasıyla 18.67 cm ve 13.15 g ile S1 konusunda, bitki başına ortalama yaprak sayısı ise 7.44 adet ile S2 konusunda gözlenmiştir.

Araştırma sonucunda yeşil yapraklı sebzelerde yüksek oranda su kısıtı uygulamasının pazarlanabilir bitki verimini azalttığı bununla birlikte su kaynaklarının yetersiz olduğu zorunlu “eksik sulama” durumlarında %80'e kadar kısıtlı sulama önerilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eruca sativa*, kısıtlı sulama, bitki su tüketimi, sera koşulları

GİRİŞ

Sulama yapılan tarımda su kullanım verimliliğinin artırılması bir zorunluluktur, çünkü tarım dünyanın en büyük tatlı su tüketicisidir. Bu bağlamda, toprak ve su kaynaklarını etkin bir şekilde kullanarak su tasarrufu sağlayan yöntemlere ek olarak, toprakta nemi uzun süre tutan yöntemlerin geliştirilmesi de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için önemlidir.

Yaprakları tüketilen roka (*Eruca sativa* L.), Akdeniz havzası kökenli yapraklı sebzelerden biridir (Vural vd., 2000). Özellikle Akdeniz ülkelerinde ve dünya çapında bilinen roka, yabani olarak yetişen ve yetiştirilen bir sebzedir. Genellikle yaprakları için yetiştirilir ve hasat ilk yılda yapılır (Eşiyok, 2012). Yaprakları tüketilen rokanın acı bir tadı ve aroması olmasına rağmen, yüksek besin değeri onu çiğ olarak tüketmeyi cazip kılmaktadır (Barillari et al., 2005). Rokanın insan beslenmesi için faydalı önemli mineraller, proteinler ve vitaminler içerdiği ve yüksek lif içeriğinin onu beslenme açısından önemli kıldığı gösterilmiştir (Barlas et al., 2011). Bitki büyümesi için gerekli olan su eksikliği olduğunda, bitkinin vejetatif gelişimi zayıflar. Su stresi altındaki bitkilerde büyüme devam etse de, verim olumsuz etkilenebilir. Kısıtlı sulama, bitki büyümesinin belirli kritik dönemlerinde sulama suyunu bilinçli olarak azaltarak su tasarrufu sağlama yöntemidir. Birçok saha çalışması, bu yöntemin doğru uygulandığında bitki verimliliğini koruyabileceğini veya artırabileceğini göstermektedir (Chai et al., 2016; Chand et al., 2020; Ahmadian et al., 2021; Abd El-Mageed et al., 2022).

Bu çalışmanın amacı, sera koşullarında farklı sulama seviyelerinde roka bitkilerinin su-verim ilişkilerini ve kısıtlı sulamanın su verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Bu bağlamda, bulguların sürdürülebilir su yönetimine ve tarımsal üretime katkıda bulunması beklenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, *Brassicaceae* familyasından roka (*Eruca sativa* L.) tohumları materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma, doğal havalandırmalı polikarbon bir serada gerçekleştirilmiştir. Saksılar, sırasıyla 3:1:1:1:1 (hacimce) oranında toprak, torf, perlit, organik gübre ve kum karışımı ile doldurulmuştur. Çalışma, üç tekrarlı şansa bağlı parsel deneme desenine göre tasarlanmıştır.

Çalışmada kullanılan su, Atatürk Üniversitesi kampüsünün şebeke suyu olup, ortalama pH değeri 7.4, elektriksel iletkenlik (EC) değeri 0.26 dS m⁻¹ ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) 0.5 olup, “çok iyi” su grubuna girmektedir.

Bitkiler, saksı başına 4 bitki olacak şekilde 5 litrelik saksılara ekilmiştir. Kısıtlı sulama, inidrgenmiş buharlaşma kabından okunan buharlaşma değerine göre yapılmıştır. Tam

sulamada (S1), buharlaşma değerin %100'ü oranında uygulanırken, kısıtlı sulamalar buharlaşma değerin %80'i (S2) ve %60'ı (S3) oranında uygulanmıştır.

Her bir saksıya verilecek sulama suyu miktarı aşağıdaki denklemle belirlenmiştir:

$$I = Kc \times Ep \times A$$

Eşitlikte;

I = sulama suyu miktarı (litre),

A= saksı alanı (m²),

Ep = indirgenmiş buharlaşma kabından okunana toplam buharlaşma miktarı (mm),

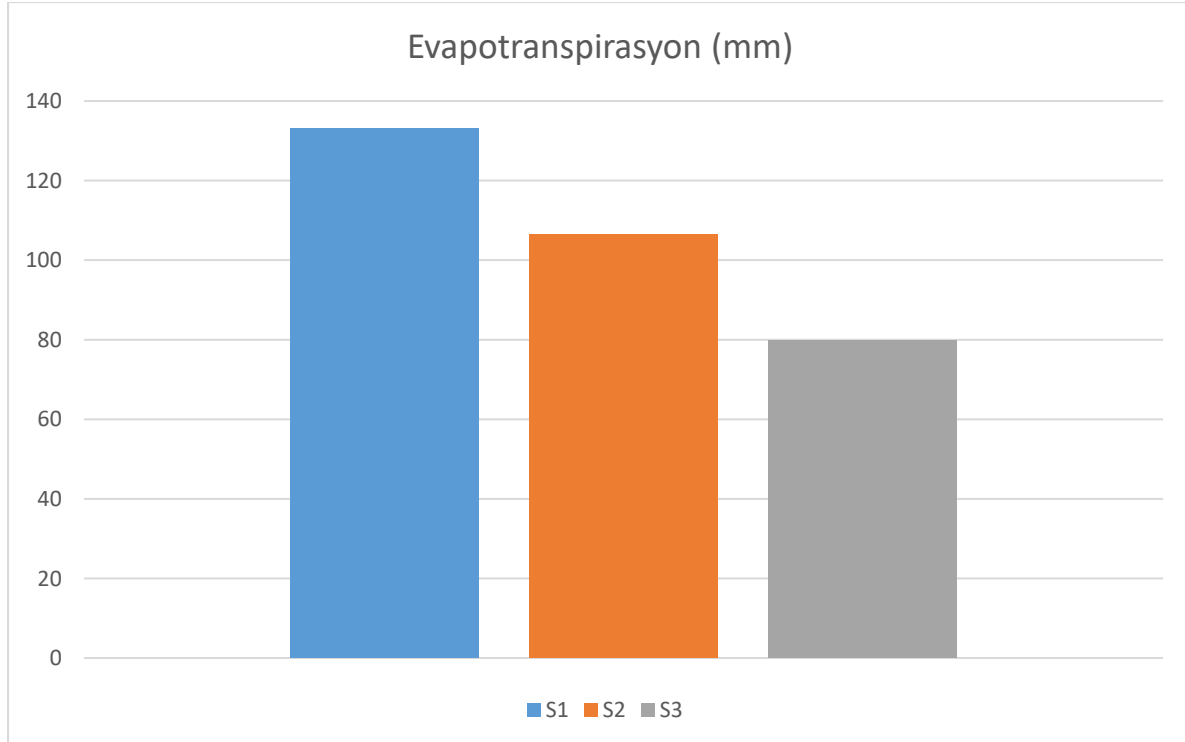
Kc = bitki – kap buharlaşma katsayısı (Kc değeri farklı sulama seviyelerine göre 1, 0.80 and 0.60 olarak alınmıştır).

Roka tohumları 10 Eylül'de ekilmiş olup, bitkiler 5 Kasım'da hasat edilmiştir. Kısıtlı sulamalar 8 Ekim'de uygulanmaya başlanmış ve o tarihe kadar sulama uygulamaları S1 konusuna göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Saksı başına su tüketimi, S1 uygulaması için toplam 133.0 mm, S2 uygulaması için 106.4 mm ve S3 uygulaması için 79.8 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 1).

Farklı sulama uygulamalarının bitki verimi ve büyüme parametreleri üzerindeki etkileri de belirlenmiştir. Çalışmada, kısıtlı sulama için ortalama bitki ve yaprak boyu, bitki başına ortalama yaprak sayısı, ortalama kök kalınlığı ve bitki başına ortalama pazarlanabilir verim değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

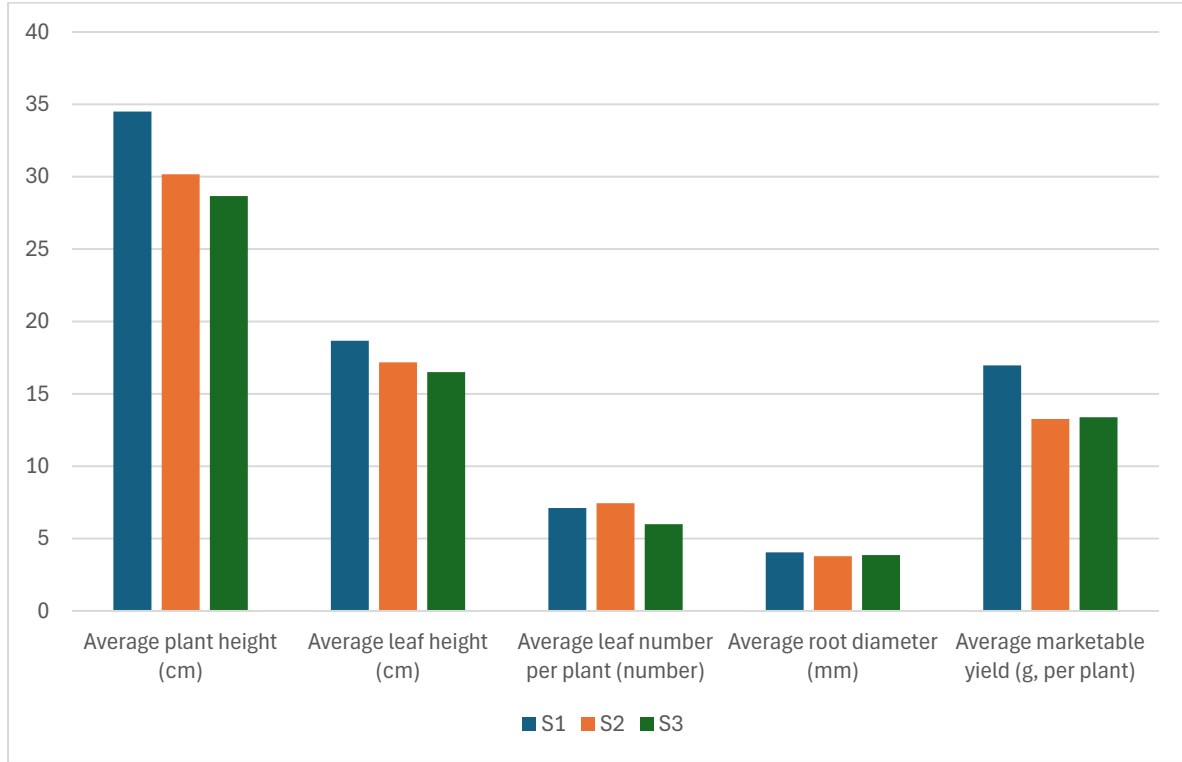


Şekil 1. Araştırma konuları için evapotranspirasyon miktarları (mm)

Çizelge 1. Araştırma konularının bitki verim ve büyüme parametreleri üzerine etkileri

Parametreler	Uygulamalar		
	S1	S2	S3
Ort. bitki boyu (cm)	34.50	30.17	28.67
Ort. yaprak boyu (cm)	18.67	17.17	16.50
Ort. bitki başına yaprak sayısı (adet)	7.11	7.44	6.00
Ort. kök çapı (mm)	4.05	3.78	3.86
Ort. pazarlanabilir verim (bitki başına g.)	16.96	13.26	13.38

Ortalama bitki boyu 34.50 ile 28.67 cm arasında, ortalama yaprak boyu 18.67–16.50 mm, ortalama kök çapı 4.05–3.78 mm, ortalama pazarlanabilir ağırlık 16.96–13.26 g ve bitki başına yaprak sayısı 7.44–6.00 arasında değişmiştir. En yüksek bitki boyu, yaprak boyu, kök çapı ve pazarlanabilir verim (34.50 cm, 18.67 cm, 4.05 mm ve 16.96 g) S1 uygulamasında kaydedilmiştir. Bitki başına en yüksek yaprak sayısı değeri ise 7.44 ile S2 uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 2).

**Şekil 2.** Kısıtlı sulamanın roka bitkisinin verimi ve büyüme parametreleri üzerine etkisi

En düşük bitki boyu, yaprak boyu ve bitki başına yaprak sayısı değerleri (sırasıyla 28.67 cm, 16.50 cm ve 6.0) S3 uygulamasında gözlenmiştir. Bununla birlikte, en düşük kök çapı ve pazarlanabilir verim değerleri (sırasıyla 3,78 mm ve 13,26) S2 uygulamasında kaydedilmiştir. Bitki ve yaprak boyu, kök çapı ve pazarlanabilir verim verileri analiz edildiğinde, tüm verim ve büyüme parametrelerinin sulama suyu arttıkça arttığı gözlenmiştir.

Farklı çalışmalar, su stresinin bitki büyümesi üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu bildirmiştir (Abd El-Mageed et al., 2022; Li et al., 2022). Ayrıca, su stresi nedeniyle bitki boyundaki azalma üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Kermani ve Asadi 2018; Bhattarai et al., 2020; Rady et al., 2021). Chand et al. (2020), farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen domates bitkilerinin gövde çapının su kısıtlaması arttıkça azaldığını bildirmiştir. Samancioglu et al. (2016), farklı

sulama seviyelerinde oluşturulan kuraklık koşullarının lahanada bitkisinde büyümeyi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye'nin Erzurum ilinde 15 Eylül ve 5 Kasım büyüme mevsimlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, farklı sulama seviyelerinin roka (*Eruca sativa* L.) bitkisinin verim ve büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Çalışma, yapraklı yeşil sebzelerde yüksek düzeyde su kısıtlamasının pazarlanabilir bitki verimini azalttığı sonucuna varmıştır; ancak, yetersiz su kaynakları nedeniyle zorunlu "eksik sulama" durumlarında, %80'e kadar sulama kısıtlaması önerilebilir.

Bulgular, özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, su kaynaklarının korunması ve tarımda sürdürülebilir su yönetiminin teşvik edilmesi açısından önemlidir. Bu amaçla, suyu verimli kullanan tarımsal üretim sistemlerinin yaygınlaştırılması ve su tasarrufu yöntemlerinin, özellikle de sınırlı su üretim tekniklerinin uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abd El-Mageed TA, Rady MO, Abd El-Wahed MH et al (2022) Consecutive seasonal effect on yield and water productivity of drip deficit irrigated sorghum in saline soils. Saudi J Biol Sci 29(4):2683–2690. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.045>

Ahmadian K, Jalilian J, Pirzad A (2021) Nano-fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation. Agric Water Manage 244:106544. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106544>

Barillari, J., Canistro, D., Paolini, M., Ferroni, F., Pedulli, G. F., Iori, R., & Valgimigli, L. (2005). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(7), 2475-2482. <https://doi.org/10.1021/jf047945a>

Barlas, N. T., Irget, M. E., & Tepecik, M. (2011). Mineral content of the rocket plant (*Eruca sativa*). African Journal of Biotechnology, 10(64), 14080-14082. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2171>

Bhattarai B, Singh S, West CP et al (2020) Effect of deficit irrigation on physiology and forage yield of forage sorghum, Pearl millet, and corn. Crop Sci 60(4):2167–2179. <https://doi.org/10.1002/csc2.20171>

Chai Q, Gan Y, Zhao C et al (2016) Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. Agron Sustain Dev 36:1–21. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0338-6>

Chand J, Hewa G, Hassanl A et al (2020) Evaluation of deficit irrigation and water quality on production and water productivity of tomato in greenhouse. Agriculture 10(7):297. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070297>

Eşiyok, D. (2012). Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. Sidas Yayınları.

Kermani M, Asadi M (2018) Technical and economic evaluation of the deficit irrigation on yield of cotton. International Association of Agricultural Economists (IAAE) 2018 Conference Vancouver, British Columbia.

Li X, Zhang H, Li F et al (2022) Evaluating effects of regulated deficit irrigation under mulched on yield and quality of pumpkin in a cold and arid climate. *Water* 14(10):1563. <https://doi.org/10.3390/w14101563>

Rady MO, Semida WM, Howladar SM et al (2021) Raised beds modulate physiological responses, yield and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L) under deficit irrigation. *Agric Water Manage* 245:106629. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106629>

Samancioglu A, Yıldırım E, Sahin Ü (2016) Effect of seedlings Development, some physiological and biochemical properties of cabbage seedlings grown at different irrigation levels of the plant growth promoting rhizobacteria application. *KSÜ J Agric Nat* 19(3):332–338

Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (sebze yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi.

**EFFECT OF ROOT GROWTH PROMOTING BACTERIA ON ROCKET PLANTS
(*Eruca sativa* L.) GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS**

**SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ROKA BİTKİSİNE (*Eruca sativa* L.) KÖK
GELİŞİMİNİ DESTEKLEYEN BAKTERİ UYGULAMALARININ ETKİSİ**

Research Asist. Radwa Shawky Mohamed Monir Mahmoud

Benha University, Faculty of Agriculture, Agricultural and Biosystem Engineering
Department, Qalubiya, Egypt

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8193-388X>

Prof. Dr. Yasemin Kuşlu

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department,
25240 Erzurum, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4008-1004>

ABSTRACT

This study investigated the effects of different doses of root growth promoting bacteria (PGPB) applied to arugula (*Eruca sativa* L.) on plant growth parameters. The research was conducted in a greenhouse environment; in 5-liter pots, 4 plants were grown in each pot. The treatment groups were R0 (no PGPB application - control), R1 (one – dose treatment), and R2 (two – dose treatment). The experiment was conducted with 3 replications between September 10th and November 5th. The PGPB solution was injected into the root zone of the plant. The control group received the same amount of sugar water.

At the end of the study, the highest average plant length was determined in the R0 application at 34.83 cm, while the average marketable yield and root thickness values were determined in the R2 treatment at 15.21 g and 4.44 mm, respectively. PGPB applications did not have a significant effect on the average number of leaves per plant.

The research concluded that PGPB applications can be used to improve plant tolerance, particularly to abiotic stress factors, in leafy green vegetables, and that the application dose will vary depending on the plant and stress conditions.

Key Words: *Eruca sativa*, PGPB, greenhouse conditions

ÖZET

Bu çalışmada, roka (*Eruca sativa* L.) bitkisine uygulanan farklı kök gelişimini destekleyen bakteri (PGPB) dozlarının bitki gelişim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sera ortamında yapılan araştırma; 5 litre hacimli saksılarda her saksıda 4 bitki yetiştirilerek yürütülmüştür. Araştırma konuları R0 (PGPB uygulaması yok - kontrol), R1 (bir doz uygulama) ve R2 (iki doz uygulama) olacak şekilde düzenlenmiştir. Deneme 3 tekrarlı olarak

10 Eylül- 5 Kasım tarihleri arasında yürütülmüştür. PGPB solüsyonu bitki kök bölgesine uygulanmıştır. Kontrol konusuna ise aynı miktarda şekerli su uygulanmıştır.

Çalışma sonunda en yüksek ortalama bitki boyu R0 uygulamasında 34.83 cm, ortalama pazarlanabilir verim ve kök kalınlığı değerleri R2 konusunda, sırasıyla 15.21 g ve 4.44 mm olarak belirlenmiştir. Bitki başına ortalama yaprak sayısı konusunda PGPB uygulamaları önemli etki yapmamıştır.

Araştırma sonucunda yeşil yapraklı sebzelerde özellikle abiyotik stres faktörlerine karşı bitkinin tolerans geliştirmesinde PGPB uygulamalarının kullanılabileceği, uygulanacak dozun ise her bitki ve stres koşulları için değişiklik göstereceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eruca sativa*, PGPB, sera koşulları

GİRİŞ

Bitkilerin maruz kaldığı iklim ve toprak gibi çevresel faktörler, kalite ve verim üzerinde büyük etkiye sahiptir. Verimli bir yetiştiricilik için, bitkiler için en uygun çevresel gereksinimlerinin karşılanması gerekir. Bitkinin optimum gereksinimlerinden herhangi bir sapma, o bitki için strese neden olur (Ebrahimian et al., 2019). Çevresel faktörlerin (düşük ve yüksek sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, ağır metaller, radyasyon, besin eksikliği vb.) neden olduğu abiyotik stresler, özellikle tarımsal üretimde önemli sorunlara yol açar. Bitkiler, büyüme ve gelişmelerinin en az zarar göreceği şekilde fizyolojik ve metabolik değişikliklerle bu stres koşullarına yanıt verir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Su kıtlığı, tarımda bitki büyümesini ve verimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Ebrahimian et al., 2019; Yeloojeh et al., 2020; Tutar et al., 2025). Bu nedenle, ürün verimliliğini sürdürülebilir bir şekilde artırmak için yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmesi gerekmektedir (Romero et al., 2022; Alharbi et al., 2022; Çelik et al., 2024).

Önceki çalışmalar, bitkinin su ihtiyacının tamamen karşılandığı durumlarda en yüksek verimin elde edildiğini, yetersiz sulama koşullarında ise verimin azaldığını göstermiştir (Shareef et al., 2018; Yavuz et al., 2020; Hou et al., 2024).

Tarım biyoteknolojisindeki son gelişmeler, rizosferde yaşayan bir dizi bakteri türünün bitki büyümesi ve gelişimi, verim, ürün kalitesi, çevre ve sürdürülebilir tarımsal üretim için faydalı olduğunu ortaya koymuştur (Ullah et al., 2021; Bouremani et al., 2023). Bu tür mikroorganizmalar, bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPB) olarak bilinir (Ipek, 2019). Bu faydalı canlılar, azot fiksasyonunu kolaylaştırarak, büyüme hormonları sentezleyerek ve besin emiliminin verimliliğini artırarak bitki gelişimini iyileştirir (Nagrle et al., 2023; Igiehon et al., 2024). PGPB'lerin, özellikle su stresi gibi abiyotik stres koşulları altında bitki adaptasyonunu iyileştirdiği gösterilmiştir (Ahmad et al., 2022; Chieb et al., 2023; Zhao et al., 2023).

Roka bitkisinin insan beslenmesi için faydalı olan önemli minerallerin yanı sıra protein ve vitaminler içerdiği ve yüksek lif içeriği nedeniyle beslenmede önemli olduğu bildirilmiştir (Barlas et al., 2011).

Bu çalışmanın temel amacı, roka bitkisine uygulanan PGPB'nin morfolojik göstergeleri nasıl etkilediğini araştırmaktır. Çalışmada PGPB uygulamasının bitki büyümesi, gelişimi ve veriminde neden olduğu değişiklikler incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, *Brassicaceae* familyasından roka (*Eruca sativa* L.) tohumları materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma, doğal havalandırmalı polikarbon bir serada gerçekleştirilmiştir. Saksılar, sırasıyla 3:1:1:1:1 (hacimce) oranında toprak, torf, perlit, organik gübre ve kum karışımıyla doldurulmuştur. Her saksının kök bölgesine 15 mL PGPB çözeltisi uygulanmış ve her saksıda 4 roka bitkisi yetiştirilmiştir. Çalışma, tam şansa bağlı parsel deneme desenine göre tasarlanmıştır.

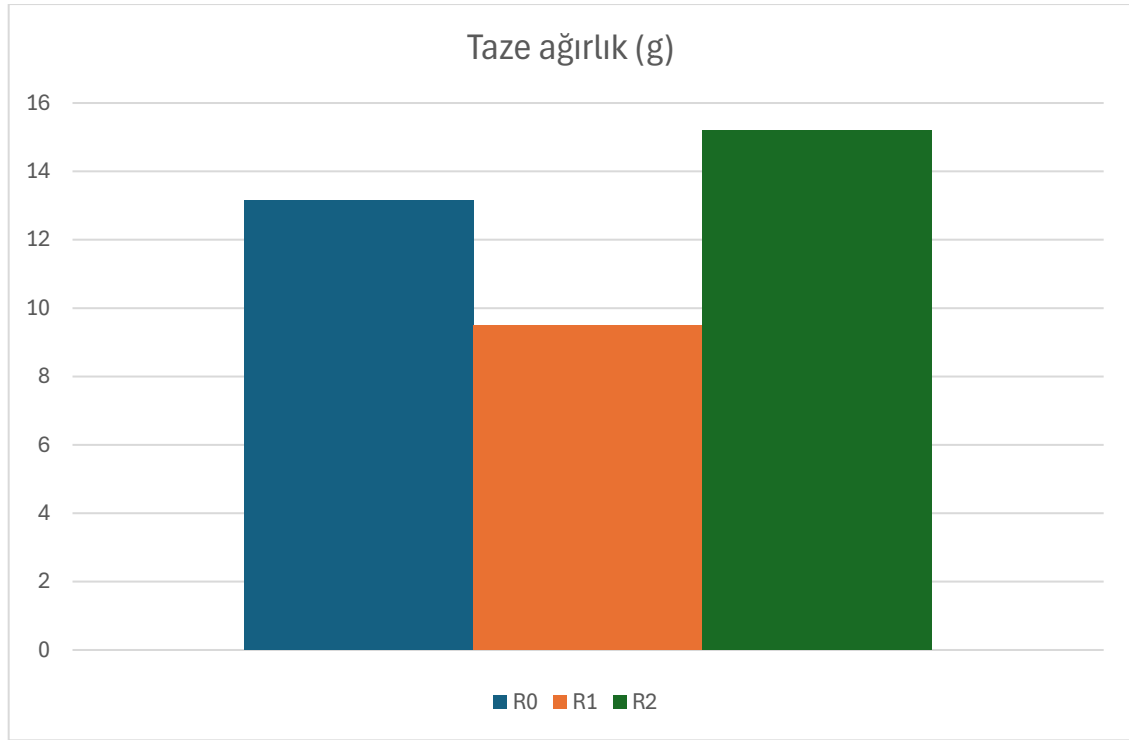
Bu çalışmada, *Bacillus megaterium* M-3, *Bacillus megaterium* KBA-10, *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-91C, *Bacillus subtilis* TV-17C, *Bacillus subtilis* TV-12H, *Bacillus thuringiensis* CP-1, *Pantoea agglomerans* RK-79 ve *Pantoea agglomerans* RK-92'den oluşan dokuz bakteri izolatu karışım çözeltisi hazırlanmış ve uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan bakteri suşları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Anabilim Dalı'na bağlı Kültür Koleksiyonu Birimi'nden temin edilmiştir. Hazırlanan bakteri çözeltisi, bitki büyümesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla ekim tarihinden sonra 10 günlük aralıklarla uygulanmıştır.

Araştırma grupları R0 (PGPB uygulaması yok - kontrol), R1 (tek doz uygulama) ve R2 (iki doz uygulama) olarak belirlenmiştir. Deneme, 10 Eylül ile 5 Kasım tarihleri arasında 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. PGPB çözeltisi bitkinin kök bölgesine enjekte edilmiştir. Kontrol grubuna aynı miktarda şekerli su verilmiştir. Saksılara uygulanacak sulama suyu miktarı, indirgenmiş buharlaşma kabından okunan değerler kullanılarak belirlenmiştir.

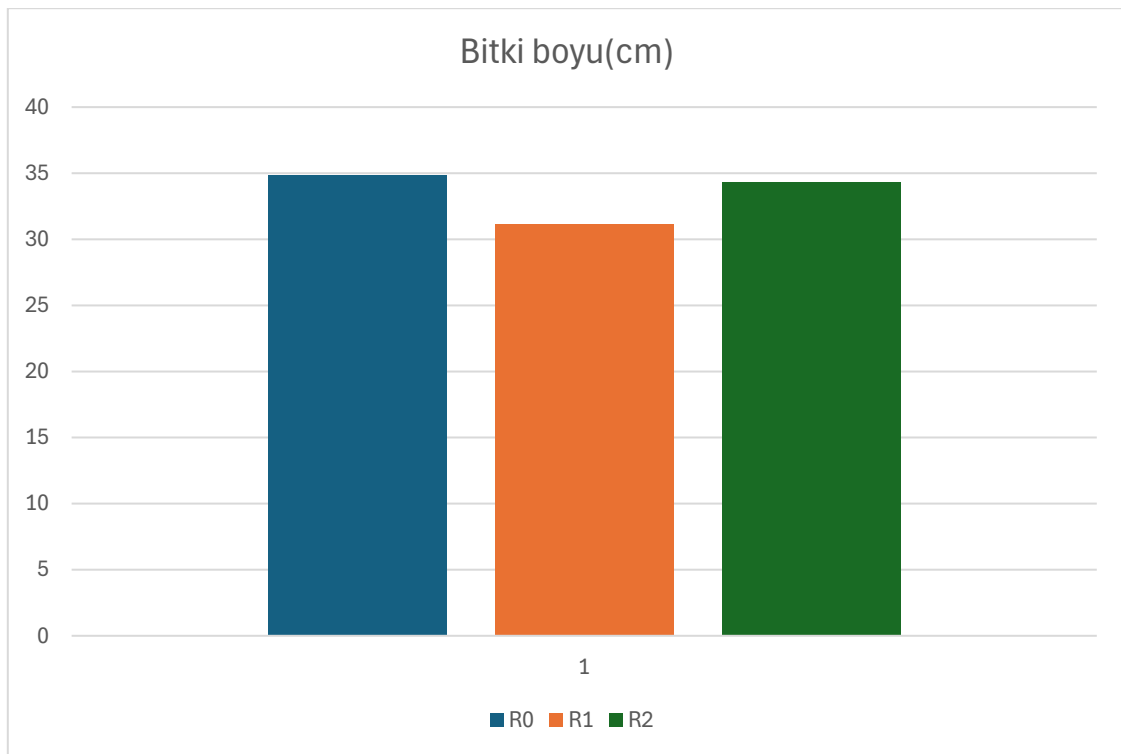
BULGULAR

PGPB uygulamaları taze bitki ağırlığını artırmıştır. R3 uygulaması (tohum ekiminden sonra iki doz uygulama) tüm uygulamalara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu uygulamada ortalama taze ağırlık 15.21 g olarak gözlenmiştir (Şekil 1).

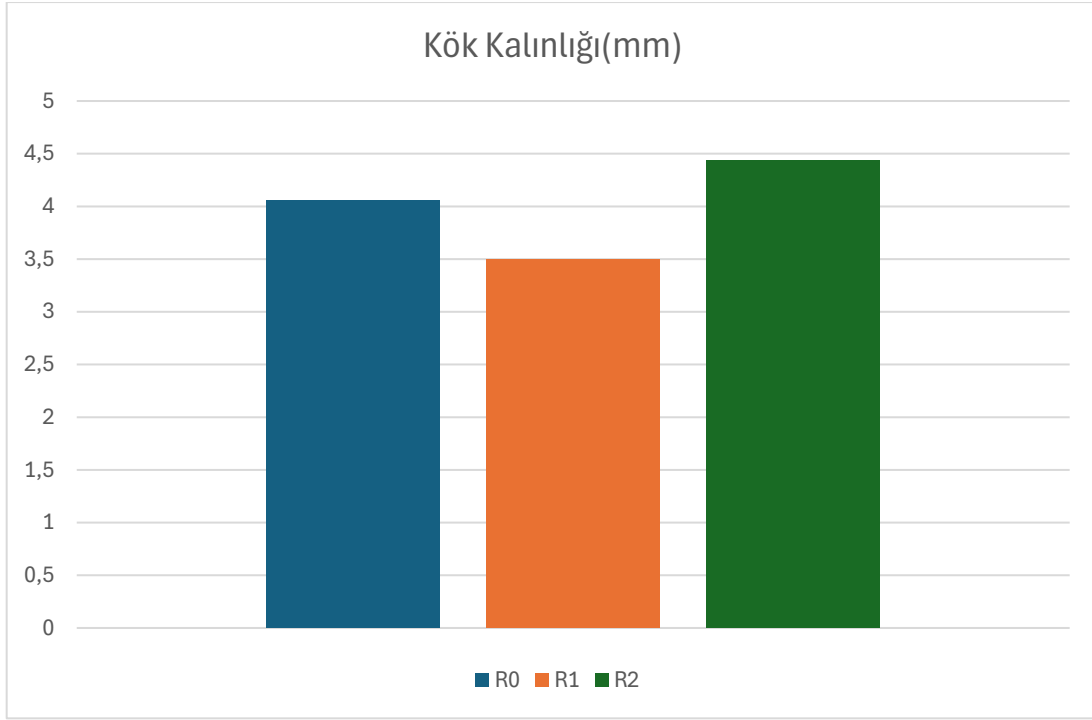
En yüksek ortalama bitki boyu R0 uygulamasında 34.83 cm, R2 ve R1 uygulamalarında ise sırasıyla 34.33 cm ve 31.17 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Ortalama kök kalınlığı değeri R2 uygulamasında 4.44 mm olarak belirlenirken (Şekil 3), PGPB uygulamalarının bitki başına ortalama yaprak sayısı üzerindeki etkisi önemli olmamıştır.



Şekil 1. Ortalama bitki yaş ağırlığı



Şekil 2. Ortalama bitki boyu



Şekil 3. Ortalama kök kalınlığı

SONUÇ

Tarım üretiminde, olumsuz çevresel koşullar verimi ve kaliteyi önemli ölçüde düşürmektedir. Özellikle dışardan uygulamalarla stres toleransını artırmak veya hasarı azaltmak önemli bir konudur. Biyostimülan uygulaması ve biyolojik zenginleştirme iki örnektir. Bitki büyümesini destekleyen bakteriler (PGPB), hem üretimde bitki büyümesini desteklemek hem de stres direncini artırmak için kullanılabilir.

Araştırma, PGPB uygulamalarının özellikle yapraklı yeşil sebzelerde abiyotik stres faktörlerine karşı bitki toleransını artırmak için kullanılabileceği ve uygulama dozunun bitkiye ve stres koşullarına bağlı olarak değişeceği sonucuna varmıştır.

KAYNAKLAR

Ahmad HM, Fiaz S, Hafeez S, Zahra S, Shah AN, Gul B and Wang X (2022) Plant growth-promoting rhizobacteria eliminate the effect of drought stress in plants: a review. *Frontiers in Plant Science* 13, 875774. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.875774>

Alharbi K, Rashwan E, Hafez E, Omara AED, Mohamed HH and Alshaal T (2022) Potassium humate and plant growth-promoting microbes jointly mitigate water deficit stress in soybean cultivated in salt-affected soil. *Plants* 11, 3016. <https://doi.org/10.3390/plants11223016>

Barlas, N. T., Irget, M. E., & Tepecik, M. (2011). Mineral content of the rocket plant (*Eruca sativa*). *African Journal of Biotechnology*, 10(64), 14080-14082. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2171>

- Bouremmani N, Cherif-Silini H, Silini A, Bouket AC, Luptakova L, Alenezi FN and Belbahri L (2023) Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): a rampart against the adverse effects of drought stress. *Water* 15, 418. <https://doi.org/10.3390/w15030418>
- Chieb M and Gachomo EW (2023) The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC plant biology* 23, 407. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04403-8>
- Çelik Ş, Tutar H, Gönülal E and Er H (2024) Prediction of fresh herbage yield using data mining techniques with limited plant quality parameters. *Scientific Reports* 14, 21396. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72746-9>
- Ebrahimian E, Seyyedi SM, Bybordi A and Damalas CA (2019) Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management* 218, 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.031>
- Hou X, Fan J, Zhang F, HuWand Xiang Y (2024) Optimization of water and nitrogen management to improve seed cotton yield, water productivity and economic benefit of mulched drip-irrigated cotton in southern Xinjiang, China. *Field Crops Research* 308, 109301. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109301>
- Igiehon BC, BabalolaOOand Hassen AI (2024) Rhizosphere competence and applications of plant growth-promoting rhizobacteria in food production–A review. *Scientific African* 23, e02081. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02081>
- Ipek M (2019). Effect of rhizobacteria treatments on nutrient content and organic and amino acid composition in raspberry plants. *Turkish J. of Agriculture and Forestry* 43, 88–95.
- Kalefetoğlu, T, and Ekmekci, Y (2005). Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları. *Gazi University Journal of Science*, 18(4), 723-740.
- Nagrle DT, Chaurasia A, Kumar S, Gawande SP, Hiremani NS, Shankar R and Prasad YG (2023) PGPR: the treasure of multifarious beneficial microorganisms for nutrient mobilization, pest biocontrol and plant growth promotion in field crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 39, 100. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03536-0>
- Shareef M, Gui D, Zeng F, Waqas M, Zhang B and Iqbal H (2018) Water productivity, growth, and physiological assessment of deficit irrigated cotton on hyperarid desert-oases in northwest China. *Agricultural Water Management* 206, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.04.042>
- Tutar H, Er H, Gönülal E, Çelik Ş and FarooqM (2025) Optimizing irrigation strategies for sorghum× sudangrass hybrid on ethanol yield, water use efficiency, and drought adaptation in semi-arid regions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 1–14. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02606-6>
- Ullah N, Ditta A, Imtiaz M, Li X, Jan AU, Mehmood S : : and Rizwan M (2021) Appraisal for organic amendments and plant growth-promoting rhizobacteria to enhance crop productivity under drought stress: a review. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207, 783–802. <https://doi.org/10.1111/jac.12502>
- Yavuz D, Seymen M, Süheri S, Yavuz N, Türkmen Ö and Kurtar ES (2020) How do rootstocks of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) affect the yield and quality of watermelon under deficit irrigation?. *Agricultural Water Management* 241, 106351. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106351>

Yeloojeh KA, Saeidi G and Sabzalian MR (2020) Drought stress improves the composition of secondary metabolites in safflower flower at the expense of reduction in seed yield and oil content. *Industrial Crops and Products* 154, 112496. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112496>

Zhao X, Yuan X, Xing Y, Dao J, Zhao D, Li Y : : and Wang Z (2023) A metaanalysis on morphological, physiological and biochemical responses of plants with PGPR inoculation under drought stress. *Plant, Cell & Environment* 46, 199–214. <https://doi.org/10.1111/pce.14466>