



I. INTERNATIONAL

# Marcus Aurelius

## Scientific Research Congress

25-26 October 2025

**ANKARA**



**Editors:**

Prof. Dr. Mohammed WAHEEB

Dr. Chukwuemeka G. EME

[www.isarconference.org](http://www.isarconference.org)



**CONGRESS BOOK**

# INDEX

---

|                    |  |           |
|--------------------|--|-----------|
|                    |  |           |
| CONGRES ID         |  | I-VI      |
| PROGRAM            |  | VII-XV    |
| GALLERY            |  | XVI-XVIII |
| ACADEMIC INCENTIVE |  | XIX       |
| NOTIFICATIONS      |  | XX-XXII   |

# **CONGRESS ID**

## **CONGRESS TITLE**

**1. INTERNATIONAL MARCUS AURELIUS SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS**

## **DATE AND PLACE**

**25-26 OCTOBER 2025, ANKARA ONLINE PRESENTATIONS**

## **ORGANIZATION**

**ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER**

## **GENERAL COORDINATOR**

**Uzm. Yasemin AĞAOĞLU**

## **EDITOR**

**Prof. Dr. Mohammed WAHEEB**

**Dr. Chukwuemeka G. EME**

**Resc. Assist. Tevfik Can BABACAN**

**ISBN: “978-625-378-364-8”**

## ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Cenk YAVUZ  
Prof. Dr. Mahire HÜSEYNOVA  
Prof. Dr. İbrahim BAYRAMOV  
Prof. Dr. Hilmi YÜCEL  
Prof. Dr. Mehmet DEMİR  
Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU  
Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN  
Prof. Dr. Sancar BULUT  
Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN  
Prof. Dr. Tolga ULUSOY  
Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR  
Assoc. Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE  
Assoc. Prof. Dr. Başak Gül AKAR  
Assoc. Prof. Dr. Caner YERLİ  
Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ  
Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ  
Assoc. Prof. Dr. Erhan ERDEL  
Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA ZELYÜT  
Assoc. Prof. Dr. Gamze Ebru ÇİFTÇİ  
Assoc. Prof. Dr. Gönül HASANOVA  
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Murat IŞIK  
Assoc. Prof. Dr. Kübra KARAMAN  
Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN  
Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ  
Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU  
Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK  
Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI  
Assoc. Prof. Dr. Seda BENĞİ  
Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK  
Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI  
Assoc. Prof. Dr. Zamiğ TEHMEZOV  
Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN  
Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU  
Dr. Abdullah ATILGAN  
Dr. Canan TERCAN  
Dr. Elvan CAFEROV  
Dr. Fatma AZİZOĞLU  
Dr. Gönül GÖKÇAY  
Dr. Hakkı ŞİMŞEK  
Dr. Hayri YILDIRIM  
Dr. Sevil ÖZCAN  
Dr. Sümeyye GÖKÇENOĞLU  
Dr. Şengül ŞENTÜRK

## **SCIENCE AND ADVISORY COMMITTEE**

---

- Prof. Dr. Ali OKATAN**  
**İstanbul Aydın University**
- Prof. Dr. Anwar Ali Shah G. SYED**  
**University Of Sindh Jamshoro**
- Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ**  
**Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia**
- Prof. Dr. Morakeng Edward**  
**Kenneth LEBAKA University Of Zululand**
- Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU**  
**Cumhuriyet University**
- Prof. Dr. Jain SADHNA**  
**University Of Delhi**
- Prof. Dr. Manole COJOCARU**  
**Titu Maiorescu University**
- Prof. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ**  
**Osmaniye Korkut Ata University**
- Prof. Dr. Mustafa Onur ALADAĞ**  
**Selçuk University**
- Prof. Dr. Nurdan KALAYCI**  
**Gazi University**
- Prof. Dr. Mustafa METE**  
**Gaziantep University**
- Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN**  
**Sivas Cumhuriyet University**
- Prof. Dr. Orhan ZEYBEK**  
**Balıkesir University**
- Prof. Dr. Sancar BULUT**  
**Kayseri University**
- Prof. Dr. Selahattin YAVUZ**  
**Erzincan Binali Yıldırım University**
- Prof. Dr. Seyfi ŞEVİK**  
**Hitit University**
- Prof. Dr. Sevi ÖZ**  
**Ankara Hacı Bayram Veli University**
- Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI**  
**Atatürk University**
- Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR**  
**Bitlis Eren University**
- Prof. Dr. Zharkynbike SULEIMENOVA**  
**Kazakh National Women's Pedagogical University**
- Assoc. Prof. Dr. Abdulkerim DİLER**  
**Atatürk University**
- Assoc. Prof. Dr. Armel MBON**  
**Marien Ngouabi University**
- Assoc. Prof. Dr. Azimbaeva GULBAYRA**  
**Kazakh National Women's Pedagogical University**
- Assoc. Prof. Dr. Betül GÜZELDİR**  
**Atatürk University**
- Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ**  
**Karabük Üniversitesi**
- Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ**  
**Atatürk University**
- Assoc. Prof. Dr. Ersoy ZENGİN**  
**Munzur University**

**Assoc. Prof. Dr. Hasan TELLİ**  
**Mersin University**

**Assoc. Prof. Dr. Oqtay QULİYEV**  
**Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti**

**Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER**  
**Gaziantep University**

**Assoc. Prof. Dr. Sahure YARIŞ**  
**Dicle University**

**Assoc. Prof. Dr. Salman Bashir MEMON**  
**Shah Abdul Latif University**

**Assoc. Prof. Dr. Sevcin YILDIZ**  
**Akdeniz University**

**Assoc. Prof. Dr. Syed Ali Raza NAQVI**  
**Government College University Faisalabad**

**Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT**  
**Atatürk University**

**Assoc. Prof. Dr. Victoria POSTOLACHE**  
**Alecu Russo Balti State University**

**Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEÇİM**  
**Necmettin Erbakan University**

**Assoc. Prof. Dr. Zamiq TEHMEZOV**  
**Azərbaycan Dövlət Pedagoji Universiteti**

**Dr. Ajay B. GADİCHA**  
**Sant Gadge Baba Amravati University**

**Dr. Amira TANDİROVİC GURSEL**  
**Adana Alparslan Türkeş University of Science and Technology**

**Dr. Aqil MEMMEDOV**  
**Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti**

**Dr. Babak SAFAEI**  
**Tsinghua University**

**Dr. Elşen MEMMEDLİ**  
**Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti**

**Dr. Faisal SULTAN**  
**Hazara University**

**Dr. Ghanshyam BARMAN**  
**Uka Tarsadia University**

**Dr. Gülnar MİRZEYEVA**  
**Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti**

**Dr. Gülşen MEHERREMOVA**  
**Azərbaycan Diller Universiteti**

**Dr. Hassan ZARIOUH**  
**Mohammed First University**

**Dr. Iram Liaqat AWAN**  
**Government College University**

**Dr. Irina-Ana DROBOT**  
**Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania**

**Dr. İslam DEVİREN**  
**MEB**

**Dr. Joanna HERNİK**  
**West Pomeranian University of Technology**

**Dr. Nurhoca AKBULAYEV**  
**Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti**

**Dr. Rida ZULFİQAR**  
**University of Szeged**  
**Dr. Taha Yasin ÖLMEZTOPRAK**  
**Adıyaman University**  
**Dr. Tatia DOLİDZE**  
**European University**  
**Dr. Yaşar SUBAŞI**  
**Van Yüzüncü Yıl University**



Scientific Development and Innovative Approach

# 1. INTERNATIONAL MARCUS AURELIUS SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS 25-26 OCTOBER 2025

## Congress Program

**Participant Countries:**

ALBANIA/JORDAN/INDIA/INDONESIA/NIGERIA /MOROCCO/SERBIA/TURKEY

### IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session. The presentation will have **15 minutes** (including questions and answers). The Zoom application is free and no need to create an account. The Zoom application can be used without registration. The application works on tablets, phones and PCs. Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time. All congress participants can connect live and listen to all sessions. During the session, your camera should be turned on at least %70 of session period. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

### TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working. You should be able to use screen sharing feature in Zoom. Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session. **Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number, exp. Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

### ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır. Sunumlar için **15 dakika** (soru ve cevaplar dahil) süre ayrılmıştır. 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 **10 dk öncesinde** oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir. Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

### TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun. Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz. Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir. Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır. **Zoom'a giriş yaparken önce lütfen adınızı, soyadınızı ve SALON numaranızı yazınız, Örnek: Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

**MEETING ID: 872 0990 3578**

**PASSCODE: 105298**

<https://us02web.zoom.us/j/87209903578?pwd=l6DZZEHEqHYo5rDqmTubUm6hbISfU.1>

## 26.10.2025 / Hall-1, Session-1

|                                                                                   |                                     |                                                                                   |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|  | ANKARA LOCAL TIME                   |  | MEETING ID: 872 0990 3578 |
|  | 10 <sup>00</sup> : 11 <sup>30</sup> |  | PASSCODE: 105298          |

### HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Rasim MOĞULKOÇ

| TOPIC TITLE                                                                                                                               | AUTHORS                                                                             | AFFILIATION                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| From Arete To Alperen: Virtue, Identity, And Cultural Continuity In The Ancient And Turkish-Islamic Worlds                                | Kader ÇELİK<br>Assoc. Prof. Dr. Abdullah Yavuz AKINCI                               | Süleyman Demirel University |
| Effects Of High-Energy And High-Fat Diets And Omega-3/6 Fatty Acids On Hormones Related To Energy Metabolism                              | Delal Ezgi AKINCI<br>Prof. Dr. Rasim MOĞULKOÇ<br>Prof. Dr. Abdulkерim Kasım BALTACI | Selcuk University           |
| The Effect Of 2-Week Naringin Administration On Neurogenesis Of Frontal Cortex After Cerebral Ischemia-Reperfusion In Ovariectomized Rats | Ayşenur KESKİN<br>Prof. Dr. Rasim MOĞULKOÇ<br>Prof. Dr. Abdulkерim Kasım BALTACI    | Selcuk University           |
| Artifacts Encountered In Cone Beam Computed Tomography Imaging                                                                            | Resc. Assist. İrem BULUT                                                            | Süleyman Demirel University |



## 26.10.2025 / Hall-2, Session-1

|                                                                                   |                                          |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>                 |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>00</sup> : 11<sup>30</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

**HEAD OF SESSION:** Assoc. Prof. Dr. Fatih Ferhat ÇETİNKAYA

| TOPIC TITLE                                                                                                                           | AUTHORS                                                         | AFFILIATION                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| The Mediating Role Of Burnout In The Effect Of Decision Fatigue On Job Satisfaction: A Study On Public Employees In Kırşehir Province | Assoc. Prof. Dr. Fatih Ferhat ÇETİNKAYA<br>Mehmet Orkun ÜNSEVER | Kırşehir Ahi Evran University      |
| Sectoral Systematic Risk And Beta Instability In Borsa Istanbul: Evidence From CAPM Under Covid-19 Conditions                         | Dr. Metin İLBASMIŞ                                              | Aksaray University                 |
| How Effectively Does Traditional Education Contribute To Labor Market Productivity?                                                   | Assist. Prof. Dr. Caner DİLBER                                  | Çankırı Karatekin University       |
| Evaluation Of Industrial Property As An Investment And Arbitration                                                                    | Aydın Kağan ÇALIK                                               | Ankara Yıldırım Beyazıt University |
| Remembering A King Through Literature: A Nuance In The Permanence Of Marcus Aurelius And Ozymandias                                   | Res. Asst. Tefik Can BABACAN                                    | İstanbul Nişantaşı University      |
| Determinants Of High Technology Exports: The Case Of Miktaountries                                                                    | Ali İmran TATLIBADEM<br>Prof. Dr. Mustafa METE                  | Gaziantep University               |



# 26.10.2025 / Hall-3, Session-2

|                                                                                   |                                          |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>                 |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>30</sup> : 12<sup>00</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

## HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Hatıra TAŞKIN

| TOPIC TITLE                                                                                                    | AUTHORS                                                                             | AFFILIATION                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| The Effects Of Different Peg Concentrations On The In Vitro Growth Of Purslane ( <i>Portulaca oleracea</i> L.) | Assoc. Prof. Dr. Gökhan BAKTEMUR<br>Prof. Dr. Hatıra TAŞKIN<br>Res. Asst. Ecem KARA | Sivas Bilim ve Teknoloji University,<br>Çukurova University |
| Effects Of Peg Induced Stress On The In Vitro Growth Of Red Beet                                               | Res. Asst. Ecem KARA<br>Prof. Dr. Hatıra TAŞKIN<br>Assoc. Prof. Dr. Gökhan BAKTEMUR | Sivas Bilim ve Teknoloji University,<br>Çukurova University |
| Evaluation Of Bioactive Compounds And Antioxidant Potential Of <i>Stachys cretica subsp. kutahyensis</i>       | Assist. Prof. Dr. Fatma Özlem KARGIN<br>SOLMAZ                                      | Afyonkarahisar Health Sciences<br>University                |
| An Evaluation Of The Level Of General Health And Knowledge Of Prostate Cancer Screening Among Adult Men        | Assist. Prof. Dr. Mehmet KORKMAZ<br>Onur Arda BAKIR                                 | Yozgat Bozok University                                     |
| Omega-3 Fatty Acids And Depression                                                                             | Dr. Dyt. Meliha ÇAVDAR                                                              | Independent Researcher, Malatya                             |
| D-Tagatose And Cardiovascular Health                                                                           | Dr. Dyt. Meliha ÇAVDAR                                                              | Independent Researcher, Malatya                             |



## 26.10.2025 / Hall-4, Session-2

|                                                                                   |                                        |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>               |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>30</sup>:12<sup>00</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

**HEAD OF SESSION: Prof. Dr. M. Sabri GÖK**

| TOPIC TITLE                                                                                                                | AUTHORS                                                                           | AFFILIATION                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Performance And Emission Characteristics Of A Dual-Fuel Diesel Engine Fueled With Ammonia Supplied Via The Intake Manifold | Onur KOCATEPE<br>Prof. Dr. Güven GONCA                                            | Yıldız Technical University                                           |
| Effect Of Cryogenic Cooling On Machinability                                                                               | Selim ESA<br>Assoc. Prof. Dr. Yılmaz KÜÇÜK<br>Prof. Dr. M. Sabri GÖK              | Bartın University                                                     |
| Machinability Of Titanium Alloys In Vertical Machining Centers                                                             | Tuna ARSLAN<br>Assoc. Prof. Dr. Yılmaz KÜÇÜK<br>Prof. Dr. M. Sabri GÖK            | Bartın University                                                     |
| Critical Thinking Education For Twice-Exceptional Students Through AI-Supported Thought Experiment And Paradox Generation  | Esra CANER<br>Hümanur AY<br>Yılmaz Yusuf İZGİ<br>Osman DOĞAN<br>Ramazan ÇATALKAYA | Gazi University, Çözüm Koleji Anadolu lisesi, Çözüm Koleji Fen lisesi |
| Rotor Dynamics Analysis Of Overhung Rotor-Bearing Configuration                                                            | Kayhan KURUL<br>Assoc. Prof. Dr. Osman Taha ŞEN                                   | Istanbul Technical University                                         |



## 26.10.2025 / Hall-5, Session-2

|                                                                                   |                                        |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>               |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>30</sup>:12<sup>30</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

### HEAD OF SESSION: Prof. Mohammed WAHEEB

| TOPIC TITLE                                                                                                                 | AUTHORS                                                              | AFFILIATION                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Documentation of the Zarqa Desert By Using Aerial Photography Techniques                                                    | Prof. Mohammed WAHEEB                                                | The Hashemite University.                                            |
| An Assessment Of Adequacy Of Employee Allowances And Welfare Packages And Organizational Performance In Abuja Fct - Nigeria | Dr. Chukwuemeka G. EME                                               | National Open University of NIGERIA                                  |
| Boardroom Leadership In Nigerian Business Organizations: The Board Of Directors As A Source Of Strategic Management         | Dr. Chukwuemeka G. EME                                               | National Open University of NIGERIA                                  |
| Developing the Ottoman Heritage Railway Stations in Jordan (Umm Al-Heiran Station as a Model)                               | Tahreer FAROUK                                                       | Greater Amman Municipality Amman – JORDAN                            |
| The Status Of Indonesia's Economic Resilience Amid Global Turmoil: Macroeconomic Analysis And Future Prospects              | Athaya CANDRAKANTA<br>Alena ADELIA<br>Avidah Sirley SALSABILA        | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |
| Trends Of Esg (Environmental, Social, Governance) In Islamic Investment                                                     | Avidah Sirley SALSABILA<br>Alena ADELIA<br>Athaya CANDRAKANTA        | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |
| Blockchain & Islamic Economics: Technological Opportunities For Transparent And Fair Islamic Financel                       | Windi Rizki FEBRIANINGTYAS<br>Widia Reza VALENTINA<br>Nala MAGHFIROH | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |



## 25.10.2025 / Hall-6, Session-2

|                                                                                   |                                        |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>               |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>30</sup>:12<sup>30</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

**HEAD OF SESSION:** Academician Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ

| TOPIC TITLE                                                                                                                     | AUTHORS                                                                                                                                   | AFFILIATION                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Do Aspirative Drains Reduce Surgery Infections? What We Know and Think                                                          | Ervin NEPRAVISHTA<br>Dariel THERESKA<br>Eris NEPRAVISHTA<br>Ervin TOÇI, Tahir ÇELA                                                        | Trauma University Hospital, Tirana,<br>University of Medicine, Aleksandër<br>Moisiu University, ALBANIA |
| Sustainable Removal of Tetracycline from Aqueous Solutions Using Zinc Oxide Nanoparticles -Modified Albizia lebbeck             | Adeniyi Florence JESUKEMI                                                                                                                 | University of Ibadan, NIGERIA                                                                           |
| Artemether İle Tedavî Edilen Wistar Sıçanlarında Quercetin'in Dışı Üreme Hormonları Ve Organları Üzerindeki İyileştirici Etkisi | Helen Oluwanifemi OMONIYI<br>Anuoluwapo Blessing AKANO<br>Comfort Omolola OYEBAMIJI                                                       | Osun State University                                                                                   |
| The Significance Of <i>Trichuris ovis</i> In The Pathology Of Sheep                                                             | Academician Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ<br>Prof. Dr. Jovan BOJKOVSKI<br>Dr. Aleksandra TASIĆ                                                  | Scientific Institute of Veterinary Medicine<br>of Serbia, Univerisity in Belgrade,<br>SERBIA            |
| From Salicylic Acid to Functional N-Acylhydrazones: Cost-Effective Synthesis and Corrosion Inhibition Potential                 | Yahya BOUBEKRI<br>Prof. Siham SLASSI<br>Prof. Mohammed AARJANE<br>Prof. Amina AMINE                                                       | Moulay Ismail University, Hassan II<br>University, MOROCCO                                              |
| Antimicrobial Resistance Patterns and Multidrug Resistance Among Individuals Living with HIV in Port Harcourt, Rivers State     | Barine, B. M. , Frank-Peterside, N.,<br>Okerentugba, P. O., Cookey, T. I.,<br>Awanye, A. M., Aaron, U.<br>U., Affia, G. A., Okonko, I. O. | University of Port Harcourt, Choba,<br>Rivers State, NIGERIA                                            |
| Crop Failure Due To Water Shortages During The Prolonged Dry Season, Case Study In Sarwodadi Village                            | Putri Anindi Nurul' AINI<br>Mega AULIA<br>M. Tegar Abdillah AKBAR<br>Muhamad Rafiq Ibnu AGSO                                              | K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic<br>University of Pekalongan, INDONESIA                             |



## 25.10.2025 / Hall-7, Session-2

|                                                                                   |                                        |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>               |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>30</sup>:12<sup>30</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

### HEAD OF SESSION: OYEBAMIJI Comfort Omolola

| TOPIC TITLE                                                                                                        | AUTHORS                                                                             | AFFILIATION                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Economic Transformation Of Asean Trade In The Era Of Globalization: Policy Harmonization And Market Integration    | Putri Amelia ANDİNİ<br>Juhaida VALDA<br>Fida Putri NAINAWA                          | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |
| Tax Justice in Indonesia: An Analysis of Vertical, Horizontal, and Distributive Equity                             | Juhaida VALDA<br>Putri Amelia ANDİNİ<br>Fida Putri NAINAWA                          | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |
| The Contribution of MSMEs to Job Creation and Poverty Alleviation in Indonesia                                     | SALSABİLA<br>Sakinah Kharisma NUR<br>Samudra Tri Jaya DİMAS                         | UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA                     |
| Osun Eyaletindeki Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerin Finansal Performansı Üzerindeki Çoklu Vergilendirmenin Etkisi | Anuoluwapo Blessing AKANO<br>Comfort Omolola OYEBAMIJİ<br>Omoniyi Helen OLUWANİFEMİ | Osun State University                                                |
| Hümanizmin Bir Yansıması Olarak Nijerya Sanatı                                                                     | OYEBAMIJI Comfort Omolola<br>ANUOLUWAPO Blessing Akano<br>OMONIYI Helen Oluwanifemi | Osun State University                                                |
| Modeling The Seasonal Dynamics Of Albania's Trade Balance: A Time Series Approach                                  | Brikena SULEJMANI<br>Evelina BAZINI                                                 | University of Vlora "Ismail Qemali", ALBANIA                         |
| The Role Of Islamic Fintech In Enhancing Financial Inclusion                                                       | Lina Nur AFİFAH<br>Risqi Khoirina FİRDA<br>Nidya PUTRİ                              | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |



## 25.10.2025 / Hall-8, Session-2

|                                                                                   |                                        |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | <b>ANKARA LOCAL TIME</b>               |  | <b>MEETING ID: 872 0990 3578</b> |
|  | <b>10<sup>30</sup>:12<sup>30</sup></b> |  | <b>PASSCODE: 105298</b>          |

### HEAD OF SESSION: Revalina OKTAVIANI

| TOPIC TITLE                                                                                                                      | AUTHORS                                                                  | AFFILIATION                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| The Rise Of Digital Economy And Cryptocurrency: Charting The Path Of Global Transactions                                         | Revalina OKTAVIANI<br>Malfaliya NABIŁA<br>Elisa OKTAVIANA                | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA     |
| Consolidation And Spin-Offs Of Islamic Banks: Strategies To Strengthen The Islamic Finance Industry                              | Zahrotul KAROMAH<br>Lu'luil KAROMAH<br>Nabila Maydina M.A Farotul JANNAH | K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, INDONESIA |
| Digital Innovation In Islamic Banking: Strategies To Enhance Financial Inclusion                                                 | Ryan ARISTİYANTO<br>M. Halim BARNANDA<br>Muh. Alfian FAİZ                | State Islamic University K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA     |
| Stock Investment Trends Among Generation Z In Indonesia: Between Financial Literacy, Digital Technology, And Financial Lifestyle | SAFINATUNNAJAH<br>Laeli Riski AMALIA<br>Nurul Adya IVANKA                | Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |
| The Role Of Sharia Contracts In Realizing Fair And Blessed Economic Transactions                                                 | Khaerul UMAR<br>Lailatul MAULIDYA<br>Wildan MAHARODDIN                   | Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, INDONESIA |
| The Meaning Of Public Open Spaces As A Means Of Social Interaction For Urban Communities                                         | Diva Eka SAPUTRI<br>Nabila Yumna SULTHANA<br>Irma Dwi MULYANTI           | K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, INDONESIA |
| The Role of Islamic Economics in Enhancing Financial Inclusion and Sustainable Economic Growth                                   | Nabila Suci RAHMADANI<br>Nabila Meca ASRI<br>Arina MANASIKANA            | K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, INDONESIA |
| Zakat Distribution and Its Impact on Poverty Alleviation                                                                         | Nabila Suci RAHMADANI<br>Nabila Meca ASRI<br>Arina MANASIKANA            | K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, INDONESIA |



# PHOTO GALERY



ISARC Melike KAYA



Mehmet Korkmaz



H3-S2 Ecem Kara



H3-S2-Meliha ÇAVDAR



Özlem Solmaz

## Giriş

**Erkeklerde Görülen Yaygın Sağlık Sorunları**

- Kalp hastalıkları
- Obezite
- Kazalar ve intihar
- Cinsel sağlık sorunları
- Kanseler (özellikle prostat kanseri)

Erkek sağlığı sorunları, hem yaşam kalitesini hem de yaşam süresini önemli ölçüde etkilemektedir.

Scientific Development and Innovative Approach

1. INTERNATIONAL MARCUS AURELIUS SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

YÖĞÜT BOZOK ÜNİVERSİTESİ



ISARC Melike KAYA



Anuoluwapo's iPhone



Fafkay Travel Consultant 2



Hall-6 Helen OMONIYI



Hall- 6, Florence Jesuk...

Ameliorative\_Effect\_of\_Quercetin\_Presentation.pptx - PowerPoint

File Home Insert Design Transitions Animations Slide Show Record Review View Help

From Beginning From Current Slide Custom Slide Show Set Up Slide Show Hide Slide Rehearse Record Timings

Play Narrations Use Timings Show Media Controls

Monitor: Automatic

Use Presenter View

Monitors

1 Ameliorative Effect of Quercetin on Female Reproductive Hormones and Organs in Artemether-Treated Wistar Rats

2 OUTLINE

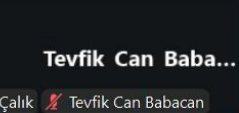
3 INTRODUCTION

4 AIM AND OBJECTIVES

Click to add notes





Tevfik Can Baba...

Otomatik Kaydet bu bilgisayar konumuna kaydedildi

BİLDİRİ SUN... Ara

Kaydet Teams'de Sun Paylaş

Dosya Giriş Ekle Çiz Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Kaydet Gözden Geçir Görünüm Yardım Acrobat

Yapıştır Yeni Slayt Bölüm Yazı Tipi Paragraf Çizim Şekiller Veriştir Hızlı Stiller Bul ve Değiştir Yazı Tiplerini Değiştir Seç PDF oluşturma Dikte Eklenler Tasarımcı Copilot

9 10 11 12 13 14 15

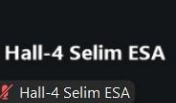
## İstatistiksel Analizler (Korelasyon);

|                  | Tükenmişlik | Karar yorgunluğu | İş tatmini |
|------------------|-------------|------------------|------------|
| Tükenmişlik      | 1           |                  |            |
| Karar yorgunluğu | 0,444**     | 1                |            |
| İş tatmini       | -0,452**    | -0,322**         | 1          |

Not eklemek için tık

3 atanmamış katılımcı








Giriş

### Emme Manifoldu Üzerinden Beslenen Amonyakla Çalışan Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorun Performans ve Emisyon Karakteristikleri

- Amonyak ( $NH_3$ ), karbon içermediği için yanma sırasında  $CO_2$  emisyonu yapmaz.
- Ağırlıkça %17.65 hidrojen içeriğe sahip olması, enerji yoğunluğunu artırır.
- Hidrojenden farklı olarak, amonyak ılımlı basınç koşullarında (8-10 bar) saklanabilir.
- Depolama ve taşıma altyapısı daha pratik ve güvenlidir.
- Küresel amonyak üretim kapasitesi yılda 180 milyon tonu aşmaktadır.
- Yeşil amonyak üretimi (elektroliz ile), %90'a varan emisyon azalışı sağlamaktadır.





## Arete'nin Cinsiyetçi ve Ayrımcı Yönü

- Yüce statüsüne rağmen, arete aynı zamanda cinsiyet ve sınıfa dayalı bir ideal olmuştur. Çoğu klasik metinde arete, erkek vatandaşlarla, özellikle aristokrat veya hoplit sınıfından (ağır piyade sınıfından savaşçı) olanlarla ilişkilendirilmiştir. Kadınlar, köleler ve yabancılar, istisnalar olmakla birlikte, arete'nin aktif olarak geliştirilmesinden büyük ölçüde dışlanmıştır.



Anuoluwapo's i... Fafkay Travel C...



Hall- 6, Florenc...

ISARC Melike KAYA

Anuoluwapo's iPhone

Fafkay Travel Consultant 2

Hall-6 Helen OMONIYI

Hall- 6, Florence Jesuk...

Ameliorative\_Effect\_of\_Quercetin\_Presentation.pptx - PowerPoint

File Home Insert Design Transitions Animations Slide Show Record Review View Help

From Beginning From Current Slide Custom Slide Show Set Up Slide Show Hide Slide Rehearse Timings Record Timings Play Narrations Use Timings Show Media Controls Monitor: Automatic Use Presenter View

Start Slide Show Set Up Monitors

1 Ameliorative Effect of Quercetin on Female Reproductive Hormones and Organs in Artemether-Treated Wistar Rats

2 OUTLINE

3 INTRODUCTION

4 AIM AND OBJECTIVES

Ameliorative Effect of Quercetin on Female Reproductive Hormones and Organs in Artemether-Treated Wistar Rats

HELEN OMONIYI

Click to add notes

## INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

REF: AKADEMİK TEŞVİK

29.10.2025

### İLGİLİ MAKAMA

**1. Uluslararası Marcus Aurelius Bilimsel Araştırmalar Kongresi 25-26 EKİM 2025** tarihleri arasında **ANKARA**'da ve online olarak **7** farklı ülkeden, **Türkiye:21** ve **Diğer Ülkeler:29 Toplam:50** akademisyen/araştırmacıların katılımı ile gerçekleşmiştir. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen ‘ ‘ Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurtdışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışından en az 5 ülkeden farklı tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yaridan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. ‘ ‘ değişikliğine uygun düzenlenmiştir. Bilgilerinize arz edilir.

Saygılarımla

  
Sefa Salih BİLDİRİCİ  
HEAD OF İSARC

# NOTIFICATIONS

| AUTHORS                                                         | TITLE                                                                                                                                     | NO      |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Kader ÇELİK<br>Abdullah Yavuz AKINCI                            | From Arete To Alperen: Virtue, Identity, And Cultural Continuity In The Ancient And Turkish-Islamic Worlds                                | 1-14    |
| Delal Ezgi AKINCI<br>Rasim MOĞULKOÇ<br>Abdülkerim Kasım BALTACI | Effects Of High-Energy And High-Fat Diets And Omega-3/6 Fatty Acids On Hormones Related To Energy Metabolism                              | 15-24   |
| Aysenur KESKİN<br>Rasim MOĞULKOÇ<br>Abdülkerim Kasım BALTACI    | The Effect Of 2-Week Naringin Administration On Neurogenesis Of Frontal Cortex After Cerebral Ischemia-Reperfusion In Ovariectomized Rats | 25-31   |
| İrem BULUT                                                      | Artifacts Encountered In Cone Beam Computed Tomography Imaging                                                                            | 32-33   |
| Fatih Ferhat ÇETİNKAYA<br>Mehmet Orkun ÜNSEVER                  | The Mediating Role Of Burnout In The Effect Of Decision Fatigue On Job Satisfaction: A Study On Public Employees In Kırşehir Province     | 34-53   |
| Metin İLBASMIŞ                                                  | Sectoral Systematic Risk And Beta Instability In Borsa Istanbul: Evidence From CAPM Under Covid-19 Conditions                             | 54-64   |
| Caner DİLBER                                                    | How Effectively Does Traditional Education Contribute To Labor Market Productivity?                                                       | 65-73   |
| Aydın Kağan ÇALIK                                               | Evaluation Of Industrial Property As An Investment And Arbitration                                                                        | 74-75   |
| Tevfik Can BABACAN                                              | Remembering A King Through Literature: A Nuance In The Permanence Of Marcus Aurelius And Ozymandias                                       | 76-78   |
| Ali İmran TATLIBADEM<br>Mustafa METE                            | Determinants Of High Technology Exports: The Case Of Miktaountries                                                                        | 79-80   |
| Gökhan BAKTEMUR<br>Hatıra TAŞKIN<br>Ecem KARA                   | The Effects Of Different Peg Concentrations On The In Vitro Growth Of Purslane ( <i>Portulaca oleracea</i> L.)                            | 81-88   |
| Ecem KARA<br>Hatıra TAŞKIN<br>Gökhan BAKTEMUR                   | Effects Of Peg Induced Stress On The In Vitro Growth Of Red Beet                                                                          | 89-97   |
| Mehmet KORKMAZ<br>Onur Arda BAKIR                               | An Evaluation Of The Level Of General Health And Knowledge Of Prostate Cancer Screening Among Adult Men                                   | 98-99   |
| Meliha ÇAVDAR                                                   | Omega-3 Fatty Acids And Depression                                                                                                        | 100-108 |
| Meliha ÇAVDAR                                                   | D-Tagatose And Cardiovascular Health                                                                                                      | 109-117 |
| Onur KOCATEPE<br>Güven GONCA                                    | Performance And Emission Characteristics Of A Dual-Fuel Diesel Engine Fueled With Ammonia Supplied Via The Intake Manifold                | 118-142 |
| Fatma Özlem KARGIN SOLMAZ                                       | Evaluation Of Bioactive Compounds And Antioxidant Potential Of <i>Stachys cretica subsp. kutahyensis</i>                                  | 143-149 |
| Selim ESA<br>Yılmaz KÜÇÜK<br>M. Sabri GÖK                       | Effect Of Cryogenic Cooling On Machinability                                                                                              | 150-157 |
| Tuna ARSLAN<br>Yılmaz KÜÇÜK<br>M. Sabri GÖK                     | Machinability Of Titanium Alloys In Vertical Machining Centers                                                                            | 158-166 |

| <b>AUTHORS</b>                                                                                                                | <b>TITLE</b>                                                                                                                    | <b>NO</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Esra CANER<br>Hümanur AY<br>Yılmaz Yusuf İZGİ<br>Osman DOĞAN<br>Ramazan ÇATALKAYA                                             | Critical Thinking Education For Twice-Exceptional Students Through AI-Supported Thought Experiment And Paradox Generation       | 167-169   |
| Kayhan KURUL<br>Osman Taha ŞEN                                                                                                | Rotor Dynamics Analysis Of Overhung Rotor-Bearing Configuration                                                                 | 170-190   |
| Mohammed WAHEEB                                                                                                               | Documentation of the Zarqa Desert By Using Aerial Photography Techniques                                                        | 191-192   |
| Chukwuemeka G. EME                                                                                                            | An Assessment Of Adequacy Of Employee Allowances And Welfare Packages And Organizational Performance In Abuja Fct - Nigeria     | 193-202   |
| Chukwuemeka G. EME                                                                                                            | Boardroom Leadership In Nigerian Business Organizations: The Board Of Directors As A Source Of Strategic Management             | 203-219   |
| Tahreer FAROUK                                                                                                                | Developing the Ottoman Heritage Railway Stations in Jordan (Umm Al-Heiran Station as a Model)                                   | 220-221   |
| Athaya CANDRAKANTA<br>Alena ADELIA<br>Avidah Sirley SALSABILA                                                                 | The Status Of Indonesia's Economic Resilience Amid Global Turmoil: Macroeconomic Analysis And Future Prospects                  | 222       |
| Avidah Sirley SALSABILA<br>Alena ADELIA<br>Athaya CANDRAKANTA                                                                 | Trends Of Esg (Environmental, Social, Governance) In Islamic Investment                                                         | 223-224   |
| Windi Rizki FEBRIANINGTYAS<br>Widia Reza VALENTINA<br>Nala MAGHFİROH                                                          | Blockchain & Islamic Economics: Technological Opportunities For Transparent And Fair Islamic Finance                            | 225-226   |
| Ervin NEPRAVISHTA<br>Dariel THERESKA<br>Eris NEPRAVISHTA<br>Ervin TOÇI, Tahir ÇELA                                            | Do Aspirative Drains Reduce Surgery Infections? What We Know and Think                                                          | 227-228   |
| Adeniyi Florence JESUKEMI                                                                                                     | Sustainable Removal of Tetracycline from Aqueous Solutions Using Zinc Oxide Nanoparticles -Modified Albizia lebbek              | 229       |
| Helen Oluwanifemi OMONIYI<br>Anuoluwapo Blessing AKANO<br>Comfort Omolola OYEBAMIJI                                           | Artemether İle Tedavi Edilen Wistar Sıçanlarında Quercetin'in Dışı Üreme Hormonları Ve Organları Üzerindeki İyileştirici Etkisi | 230-231   |
| Ivan PAVLOVIĆ<br>Jovan BOJKOVSKI<br>Aleksandra TASIĆ                                                                          | The Significance Of <i>Trichuris ovis</i> In The Pathology Of Sheep                                                             | 232       |
| Yahya BOUBEKRI<br>Siham SLASSİ<br>Mohammed AARJANE<br>Amina AMİNE                                                             | From Salicylic Acid to Functional N-Acylhydrazones: Cost-Effective Synthesis and Corrosion Inhibition Potential                 | 233       |
| Barine, B. M., Frank-Peterside, N., Okerentugba, P. O., Cooke, T. I., Awany, A. M., Aaron, U. U., Affia, G. A., Okonko, I. O. | Antimicrobial Resistance Patterns and Multidrug Resistance Among Individuals Living with HIV in Port Harcourt, Rivers State     | 234       |
| Putri Anindi Nurul' AINI<br>Mega AULIA<br>M. Tegar Abdillah AKBAR<br>Muhamad Rafiq Ibnu AGSO                                  | Crop Failure Due To Water Shortages During The Prolonged Dry Season, Case Study In Sarwodadi Village                            | 235       |
| Putri Amelia ANDİNİ<br>Juhaida VALDA<br>Fida Putri NAİNAWA                                                                    | Economic Transformation Of Asean Trade In The Era Of Globalization: Policy Harmonization And Market Integration                 | 236-237   |
| Juhaida VALDA<br>Putri Amelia ANDİNİ<br>Fida Putri NAİNAWA                                                                    | Tax Justice In Indonesia: An Analysis of Vertical, Horizontal, and Distributive Equity                                          | 238-239   |
| SALSABILA<br>Sakinah Kharisma NUR<br>Samudra Tri Jaya DİMAS                                                                   | The Contribution of MSMEs to Job Creation and Poverty Alleviation in Indonesia                                                  | 240       |

| <b>AUTHORS</b>                                                                      | <b>TITLE</b>                                                                                                                     | <b>NO</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Anuoluwapo Blessing AKANO<br>Comfort Omolola OYEBAMIJI<br>Omoniye Helen OLUWANIFEMI | Osun Eyaletindeki Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerin Finansal Performansı Üzerindeki Çoklu Vergilendirmenin Etkisi               | 241       |
| OYEBAMIJI Comfort Omolola<br>ANUOLUWAPO Blessing Akano<br>OMONIYI Helen Oluwanifemi | Hümanizmin Bir Yansıması Olarak Nijerya Sanatı                                                                                   | 242       |
| Brikena SULEJMANI<br>Evelina BAZINI                                                 | Modeling The Seasonal Dynamics Of Albania's Trade Balance: A Time Series Approach                                                | 243-256   |
| Lina Nur AFİFAH<br>Risqi Khoirina FIRDA<br>Nidya PUTRI                              | The Role Of Islamic Fintech In Enhancing Financial Inclusion                                                                     | 257       |
| Revalina OKTAVİANI<br>Malfaliya NABİLA<br>Elisa OKTAVİANA                           | The Rise Of Digital Economy And Cryptocurrency: Charting The Path Of Global Transactions                                         | 258-259   |
| Zahrotul KAROMAH<br>Lu'luil KAROMAH<br>Nabila Maydina M.A Farotul JANNAH            | Consolidation And Spin-Offs Of Islamic Banks: Strategies To Strengthen The Islamic Finance Industry                              | 260       |
| Ryan ARİSTİYANTO<br>M. Halim BARNANDA<br>Muh. Alfian FAİZ                           | Digital Innovation In Islamic Banking: Strategies To Enhance Financial Inclusion                                                 | 261-262   |
| SAFINATUNNAJAH<br>Laeli Riski AMALIA<br>Nurul Adya IVANKA                           | Stock Investment Trends Among Generation Z In Indonesia: Between Financial Literacy, Digital Technology, And Financial Lifestyle | 263       |
| Khaerul UMAR<br>Lailatul MAULIDYA<br>Wildan MAHARODDIN                              | The Role Of Sharia Contracts In Realizing Fair And Blessed Economic Transactions                                                 | 264       |
| Diva Eka SAPUTRI<br>Nabila Yumna SULTHANA<br>Irma Dwi MULYANTI                      | The Meaning Of Public Open Spaces As A Means Of Social Interaction For Urban Communities                                         | 265       |
| Nabila Suci RAHMADANI<br>Nabila Meca ASRI<br>Arina MANASİKANA                       | The Role of Islamic Economics in Enhancing Financial Inclusion and Sustainable Economic Growth                                   | 266-267   |
| Nabila Suci RAHMADANI<br>Nabila Meca ASRI<br>Arina MANASİKANA                       | Zakat Distribution and Its Impact on Poverty Alleviation                                                                         | 268-269   |

## ARETE'DEN ALPEREN'E: ANTİK VE TÜRKİSLAM DÜNYALARINDA ERDEM, KİMLİK VE KÜLTÜREL SÜREKLİLİK

**Kader ÇELİK**

Süleyman Demirel University, Institute of Health Sciences, 32100, Isparta

**ORCID ID:** 0009-0009-3817-8086

**Doç. Dr. Abdullah Yavuz AKINCI**

Süleyman Demirel University, Faculty of Sport Sciences, 32100, Isparta

**ORCID ID:** 0000-0002-3808-6730

### ÖZET

Bu makale, arete (mükemmellik veya erdem) kavramının Antik Yunan düşüncesindeki kökenlerinden, Türk-İslam bağlamları da dâhil olmak üzere sonraki kültürel, siyasi ve dini geleneklerdeki yankılarına kadar tematik bir analiz sunmaktadır. Klasik metinler ve modern bilimsel çalışmalar da dâhil olmak üzere birincil ve ikincil kaynaklardan yararlanarak, çalışma arete kavramının atletik, siyasi, felsefi ve retorik alanlarda nasıl anlaşıldığını araştırmaktadır. Ayrıca, bu idealin Roma virtus'unda, Ahi geleneğinin etik öğretilerinde ve Türk kültür kahramanlarının sembolik anlatılarında nasıl dönüştüğünü ve benimsendiğini incelemektedir. Analiz, arete kavramının genellikle kişisel mükemmellik ve yurttaşlık sorumluluğu ile ilişkilendirilse de büyük ölçüde elit sınıflara erişilebilir olan dışlayıcı bir nitelik taşıdığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, makale, bağlamsal olarak değişkenlik gösterse de, insan mükemmelliğinin peşinde koşmanın medeniyetler arasında kalıcı bir ideal olmaya devam ettiğini vurgulamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Agon, Arete, Ahi, Alp/eren, Erdem, Kültürel Miras.

### FROM ARETE TO ALPEREN: VIRTUE, IDENTITY, AND CULTURAL CONTINUITY IN THE ANCIENT AND TURKISH-ISLAMIC WORLDS

### ABSTRACT

This article provides a thematic analysis of the concept of arete (excellence or virtue) from its origins in Ancient Greek thought to its echoes in subsequent cultural, political, and religious traditions, including Turkish-Islamic contexts. Drawing on primary and secondary sources, including classical texts and modern scholarly works, the study investigates how the concept of arete was understood in athletic, political, philosophical, and rhetorical fields. It also examines how this ideal was transformed and adopted in Roman virtus, the ethical teachings of the Ahi tradition, and the symbolic narratives of Turkish cultural heroes. The analysis reveals that although the concept of arete is generally associated with personal excellence and civic responsibility, it carries an exclusionary quality that is largely accessible to the elite classes.

Ultimately, the article emphasizes that, despite contextual variations, the pursuit of human excellence remains an enduring ideal across civilizations.

**Keywords:** Agon, Arete, Ahi, Alp/eren, Virtue, Cultural Heritage.

## 1. GİRİŞ

İnsan uygarlığının karmaşık dokusunda, düşünce ve eylemlerle ifade edilen ahlaki mükemmellik olan erdem kavramı, etik sistemlerin, siyasi ideolojilerin, eğitim geleneklerinin ve kültürel kimliklerin şekillenmesinde kritik bir rol oynamıştır. Klasik antik çağda erdemin en kalıcı ifadeleri arasında, fiziksel, ahlaki, entelektüel ve sivil alanlarda mükemmellik idealini özetleyen eski Yunanca arete terimi yer alır. Başlangıçta Homeros destanlarında kahramanlıkla ilişkilendirilen arete, Yunan toplumunun dokusuna işlenmiş çok yönlü bir kavram haline gelmiştir. Bu kavram, kişisel başarı, kamusal sorumluluk, rekabetçi mücadele ve felsefi düşünce gibi kavramların temelini oluşturmuştur (Miller, 2012).

Zamanla, arete'nin anlamsal ve felsefi zenginliği Yunan şehir devletlerinin sınırlarını aşmıştır. Roma siyaset teorisinde (Horner, 1975), Yahudi ve erken Hıristiyan teolojisinde (Papademetriou, 2011) yeni bir hayat bulmuş ve daha sonra ihsan, fazilet, alp/eren ahlakı ve ahilik gibi kavramlar aracılığıyla İslam, Türk ve Sufi kültürel ideallerinde yansıtılmış, manevi ve ahlaki mükemmelliğin yerel ifadeleri olarak işlev görmüştür (Koçak, 2012; Demirpolat ve Akça, 2004). Dolayısıyla aretenin, yalnızca tarihsel bir kavram değil, iyi yaşamak, adil davranmak ve topluma anlamlı bir şekilde katkıda bulunmak anlamlarıyla örtüşen ancak farklı yorumlarla medeniyetler arasında köprü kuran, kültürler ve tarihler ötesi bir mükemmellik motifi olduğu söylenebilir.

Mevcut çalışma seçilmiş klasik, felsefi, teolojik ve kültürel metinlerin kapsamlı bir tematik analizini yaparak, arete kavramının Yunan, Roma ve Türk-İslam medeniyetlerinde nasıl geliştiğini ve dönüştüğünü izlemektedir. Bu sayede, erdemin farklı sosyo-politik, retorik ve dini bağlamlarda nasıl inşa edildiğini ve bu inşa süreçlerinin daha geniş ideolojik, pedagojik ve metafizik paradigmaları nasıl yansıttığını araştırmaktadır. Araştırma, agonizm, demokrasi, retorik ve kutsal imgelerin rolüne özel bir önem verirken, klasik arete ile Türk-İslam mükemmellik idealleri arasındaki karşılaştırmalı özellikleri de vurgulamaktadır.

Bu tematik sentez, Miller (2012) ve Finkelberg'in (2002) arete ve polis üzerine yaptığı araştırmalar ve Hawhee'nin (2002) retorik geleneklerde erdemin agonistik yorumuna dair akademik metinlerden derlenmiştir. Bunlar, Türk ve İslam değerleri üzerine modern tartışmalarla yan yana getirilmiştir. Ahilik'in etik işlevi (Demirpolat ve Akça, 2004), Alp arketipi (Kalkan, 2016) ve Hacı Bektaş-ı Veli (İrteş ve Baysal, 2023) ve Harakânî (Diken, 2024)

gibi dini-kültürel figürler gibi, yaşamları yerelleştirilmiş arete biçimlerini somutlaştıran figürlerdir.

Bu yaklaşım, her geleneğin iç mantığına ve bağlamsal anlamlarına duyarlılığı korurken, kültürler arası ve tarihsel karşılaştırmalara olanak tanır. Metin analizi hem birincil çevirileri hem de ikincil bilimsel yorumları içerir.

### **Teorik ve Tarihsel Önemi**

Bu analizin merkezinde, arete'nin sadece kişisel bir etik zorunluluk olarak değil, aynı zamanda sosyal ve politik bir ideal olarak da işlev gördüğü fikri yatmaktadır. Antik Yunan'da, arete demokrasi için önemli bir rol oynamış ve sivil katılım ile kamusal erdemin inşa edildiği etik temeli oluşturmuştur (Wallach, 2011). Aynı zamanda arete, bireylerin sadece zafer için değil, kişisel ve toplumsal onurun onaylanması için de rekabet ettikleri agonistik arenalarda işlev görmüştür (Hawhee, 2002). Daha sonra, Yunan düşüncesi Roma ve Hristiyan dünya görüşlerini etkilediğinde, erdemin içeriği stoik, İncil ve teolojik çerçevelere uyum sağlamak için değişmiş; arete'nin yapısı korunurken, telos yeniden formüle edilmiştir. Örneğin, Papademetriou (2011), Yeni Ahit'in arete'yi ruhani itaat ve ilahi ahlakla nasıl uyumlu hale getirdiğini ifade etmektedir. Bu arada, Romalı filozoflar arete'yi disiplin, sadakat ve imparatorluk göreviyle bağlantılı erkeksi, yurttaşlık ideali olan virtus ile birleştirmişlerdir (Horner, 1975).

Türk-İslam dünyasında da benzer idealler manevi ve kolektivist ifadelerle karşılık bulmuştur. Örneğin, Anadolu'daki Ahilik geleneği, zanaatkârlık, ahlak ve toplumsal sorumluluğu, Yunan arete'sine paralel ancak İslam inancına dayanan bir etik mükemmellik sisteminde sentezlemiştir (Demirpolat ve Akça, 2004). Benzer şekilde, Hacı Bektaş-ı Veli ve Ahmed Yesevî'nin mistik öğretileri, ahlaki açıdan kendini mükemmelleştirmeyi manevi aydınlanma ile birleştirerek, antik Yunan'ın bütünsel erdemlerini yansıtırken, bunları ilahi birleşme ve içsel arınma ile ilgili kutsal anlatılara yerleştirmiştir (İrteş ve Baysal, 2023; Ata, 2014).

Bu çalışma, tarihsel veya dini bağlamdan bağımsız olarak, insan mükemmelliği idealinin ahlaki, pedagojik ve sivil söylemleri nasıl şekillendirdiğini aydınlatmayı amaçlamaktadır. Bu vesile ile hem evrensel özlemleri hem de kültüre özgü iyi yaşam anlayışlarını ortaya koymaktadır. Aşağıdaki bölümlerde, klasik Yunan'ın arete anlayışını daha ayrıntılı olarak inceledikten sonra, Roma, Hristiyan ve İslam kültürlerinde geçirdiği dönüşümleri izleyecek ve son olarak bu farklı formülasyonların etik ve sembolik işlevlerinde nasıl etkileşime girdiğini, örtüştüğünü veya ayrıştığını ele alınacaktır.

### **Antik Yunan'da Arete'nin Klasik Kökleri**

Antik Yunan'da arete kavramı, klasik etik, siyaset ve eğitimin temel taşlarından biri olmuştur. Etimolojik olarak Yunanca aristos (ἀριστος-en iyi) fiilinden türeyen arete, başlangıçta en genel anlamıyla her türlü mükemmelliği ifade etmekteydi. Homeros'un destanlarında arete, başlangıçta aristokratik cesaret ve savaş alanında kahramanca başarılarla bağlantılıyken (Miller, 2012), zamanla Yunan toplumu erken Arkaik dönemin aristokratik ethosundan (ἦθος-karakter), daha sivil odaklı klasik polis çerçevelerine geçiş yapmış, arete kavramı genişlemiş ve çeşitlenmiştir. Artık sadece askeri mükemmelliği değil, ahlaki erdem, retorik beceri, atletik güç ve sivil sorumluluğu da ifade etmeye başlamıştır (Finkelberg, 2002).

Bu evrim, antik Yunan'da destansı dünyanın kahramanca bireycilikten polis'in etik kolektivizmine doğru bir geçiş şeklinde daha geniş bir kültürel dönüşümü yansıtmaktadır. Arete'nin antik Yunan kimliğini şekillendirmedeki merkezi rolü, edebiyat, felsefe, siyaset ve eğitimde izlenebilir ve sadece özel davranışları değil, aynı zamanda kamusal yaşamı da yöneten derinlemesine yerleşmiş bir ideali ortaya çıkarır.

### **Homeros ve Arkaik Edebiyatta Arete**

İlyada ve Odysseia gibi Homeros metinlerinde arete, öncelikle fiziksel cesaret ve savaş becerisi olarak tasvir edilmiştir. Achilles ve Odysseus gibi kahramanlar, savaş yetenekleri, onur kuralları ve stratejik becerileri nedeniyle arete'nin örnekleri olmuştur. Ancak, bu erken bağlamlarda bile arete sadece güçle ilgili olmayıp; aynı zamanda bilgelik, kurnazlık, sadakat ve gelişen ahlak kurallarına bağlılığı da içermektedir. Örneğin, Odysseus'un eve dönüş yolculuğunda zorlukları aşmadaki kurnazlığı, sadece fiziksel üstünlüğün değil, entelektüel arete'nin de bir tezahürüdür (Miller, 2012).

Dahası, bu anlatılarda arete özellikle kleos (κλέος-şeref) ve timē (τιμή-onur) kazanmakla, sosyal tanınma ile bağlantılıdır. Hawhee'nin (2002) ifade ettiği gibi, bu bağlamda arete statik bir özellik değil, agonistik mücadele yoluyla kazanılan ve sergilenen, akranlar veya tanrılar tarafından değerlendirilen dinamik, performatif bir niteliktir.

### **Arete ve Polis: Etik ve Yurttaşlık Boyutları**

MÖ 6. ve 5. yüzyıllarda Yunan şehir devletlerinin (polis) yükselişiyle birlikte, arete kavramı önemli bir anlamsal genişleme kazanmış, kahramanlık şerefi, mükemmelliğin temel ölçütü olarak yerini yurttaşlık erdemine bırakmıştır. Finkelberg'in (2002) belirttiği gibi, bu dönüşüm, erdemin aristokratik bir ayrıcalık olmaktan çıkıp yurttaşlık görevi haline gelmesini işaret etmektedir. Dolayısıyla Atina'da aretenin, iyi bir yurttaşın nitelikleriyle eşanlamlı hale geldiği, ılımlılık (σωφροσύνη-sophrosyne), adalet (δικαιοσύνη-dikaioisynē), cesaret (Ανδρεία-andreia)

ve pratik bilgelik (φρόνηση-phronesis) anlamlarını ifade ettiği söylenebilir. Bu yeni anlayış, Atina'nın eğitim ve siyasi yaşamında kurumsallaşmıştır. Vatandaşları eğitime süreci olan paideia (παιδεία), sadece entelektüel oluşumu değil, aynı zamanda ahlaki gelişimi de hedeflemiş ve arete'yi demokratik vatandaşlığın dokusuna yerleştirmiştir. Wallach'a (2011) göre, arete'nin demokrasiye entegrasyonu, polis'in istikrarı için çok önemliydi, çünkü erdemli vatandaşlar tiranlık, yolsuzluk ve demagojiye karşı bir kalkan olarak görülüyordu.

Socrates, Platon ve Aristoteles, arete'nin felsefi kodifikasyonuna katkıda bulunmuşlardır. Socrates'e göre arete, bilgi ve yaşamla yakından bağlantılıydı ve doğruyu gerçekten anlayan hiç kimse isteyerek yanlış yapmazdı. Platon, arete'yi metafizikle ilişkilendirmiş ve onu ebedi formlara, özellikle de iyilik formuna dayandırmıştır. Aristoteles ise, Nicomachean Ethics adlı eserinde arete kavramını belki de en sistematik şekilde ele almış ve erdemleri, alışkanlık ve mantıklı seçimler yoluyla geliştirilen, aşırılıklar arasındaki bir orta yol olarak tanımlamıştır (Baumgartner ve Baumgartner, 2008). Üç düşünüre göre arete, sadece eylem değil, rasyonellik, düşünme ve eudaimonia'nın (εὐδαιμονία-mutluluk) peşinde koşma ile karakterize edilen bir varoluş biçimini ifade eder.

### **Arete ve Agonizm: Mücadele Yoluyla Erdem**

Yunan erdeminin en belirgin özelliklerinden biri, agonizm veya rekabetçi mücadele ile olan içsel bağlantısıdır. Bu bağlantı özellikle atletizm, retorik ve politikada belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır. Yunan vatandaşlarından, pasiflikle değil, rekabetçi mükemmellikle onur kazanılan agonistik alanlara katılım yoluyla arete'lerini kanıtlamaları beklenirdi. Olimpiya Delphi, Pythia ve Nemea'da düzenlenen atletizm yarışmaları, sadece spor olmaktan öte, toplumsal değerlerin ritüelleştirilmiş birer teyidi olmuş, bu yarışmalarda fiziksel mükemmellik ve öz disiplin, ahlaki karakteri simgelemiştir. Miller'ın (2012) eski metinlerden derlediği kapsamlı eserinde belgelediği gibi, atlet arete'nin somutlaşmış haliydi ve antrenmanı (ἀσκήσις-askēsis), mükemmellik, düzen ve ölçülü olmaya yönelik ahlaki bir bağlılığı yansıtıyordu.

Retorik pratiği de agon ile iç içe olmuştur. Hawhee'nin (2002) savunduğu gibi, retorik agonizm, rakibi yenmekle ilgili değil, diyalektik etkileşim yoluyla mükemmelliği göstermekle ilgiliydi. İzleyicileri etkilemek için kullanılan ifadeler, yönlendirme için değil, düşünce, dil ve ikna üzerinde ustalıklarını sergilemek için kullanılırdı. Bu nedenle, retorikte arete hem teknik beceri hem de ahlaki bütünlük gerektiriyordu. Aynı anda bu agonistik kavram siyaset alanına da yayılmıştır. Atina demokrasisi isēgoria (ἰσέγορία-eşit söz hakkı) ve parrhesia (παρρησία-hakikati söylemek) kavramlarını teşvik etmiş ve kamuoyu tartışmaları, ikna edici hitabet ve sivil katılım yoluyla arete'nin ifade edilebileceği bir ortam haline gelmiştir. Bu anlamda

demokratik meclis, siyasi bir kurum olduğu kadar ahlaki bir tiyatro da olmuştur (Wallach, 2011).

### **Arete'nin Cinsiyetçi ve Ayrımcı Yönü**

Yüce statüsüne rağmen, arete aynı zamanda cinsiyet ve sınıfa dayalı bir ideal olmuştur. Çoğu klasik metinde arete, erkek vatandaşlarla, özellikle aristokrat veya hoplit (óπλίτης-ağır piyade sınıfından savaşçı) sınıfından olanlarla ilişkilendirilmiştir. Kadınlar, köleler ve yabancılar, istisnalar olmakla birlikte, arete'nin aktif olarak geliştirilmesinden büyük ölçüde dışlanmıştır. Örneğin, Odysseia'da Penelope'nin sadakati, sadakat ve dayanıklılık üzerine odaklanan bir tür kadınsı arete olarak çerçevelenmektedir (Lesser, 2019). Isocrates gibi daha sonraki yazarlar, arete kavramını daha kapsayıcı erdem anlamlarını içerecek şekilde genişletmeye çalışmışlar ve arete'yi doğum veya servet yerine eğitimsel başarı ve sivil katılımı ilişkilendirmişlerdir (Muir, 2022). Ancak arete kavramı, herkesin ulaşabileceği bir mükemmellik anlayışı sunmaz. Bu ideal, genellikle sadece toplumun ayrıcalıklı kesimlerinin ulaşabildiği bir hedef olarak kalmıştır.

Özetle, antik Yunanistan'da arete sadece içsel bir ahlaki nitelik değil, bireyin toplumdaki değerini onaylayan, kamuya açık bir performans olmuştur. Savaş alanında, spor salonunda veya mecliste ifade edilsede, arete mücadele, tanınma ve katkı kavramlarından ayrı düşünülmemiştir. Kelimenin kahramanca erdemden felsefi ideale doğru evrimi, Yunan düşüncesinde kişisel mükemmelliği sivil sorumlulukla, ahlaki erdemleri ise rasyonel özdenetimle ilişkilendiren derin bir dönüşümü işaret etmekteydi. Bu temel kavram, Roma'nın virtus (αρετή-erdem) ideallerini, Hristiyanlığın ahlaki mükemmelliği yeniden yorumlamasını ve daha sonra onur, dindarlık ve etik liderlik etrafında şekillenen İslam ve Türk değerlerini etkilemeye devam etmiştir.

### **Arete'den Virtus'a: Roma ve Erken Hristiyanlık Dönemlerinde Erdem Kavramının Dönüşümü**

Akdeniz'in kültürel ve siyasi merkezi Yunan şehir devletlerinden Roma Cumhuriyeti'ne ve daha sonra Hristiyanlaşmış Roma İmparatorluğu'na kayarken, erdemle ilgili ahlaki ve felsefi kavramlar da aynı şekilde değişmiştir. Agonistik, sivil ve felsefi geleneklere derinlemesine yerleşmiş olan Yunan arete kavramı, Roma ahlak söylemi içinde virtus olarak yavaş yavaş benimsenip dönüştürülmüştür. Arete ve virtus arasında, özellikle mükemmellik, cesaret ve kamu görevi ile ilişkilerinde önemli örtüşmeler olsa da, Roma virtus'u militarizm, imparatorluk ideolojisi, ataerki düzen ve res publica'ya (kamu meselesi) karşı görev gibi yeni vurgular getirmiştir (Horner, 1975). Daha sonra, erken Hristiyan düşüncesinde erdem bir kez daha yeniden yapılandırılmış ve klasik kamu tanınırlığı ve dünyevi başarı ideallerinden kesin bir kopuşu işaret eden teolojik ve manevi anlamlarla donatılmıştır.

Bu bölümde, Yunan arete'sinden Roma virtus'una ve Hristiyan ahlak teolojisine geçişin hem sürekliliği hem de kopuşu nasıl işaret ettiği incelenecektir. Roma'nın mükemmelliği dignitas (αξιοπρέπεια-onur itibar), pietas (πίετες-tanrılara ve aileye karşı görev) ve gravitas (βαρύτητα-ciddiyet) açısından yeniden yorumlamasını incelemekte ve erken Hristiyan düşünürlerin erdem kavramını alçakgönüllülük, itaat ve içsel dindarlık olarak yeniden çerçevelendirmelerini ele almaktadır. Bu nitelikler genellikle klasik agonizm ve sivil kahramanlıkla zıtlık içindedir.

### **Roma Virtus: Kamu Mükemmelliği, Vatandaşlık Görevi ve Erkek Onuru**

Roma bağlamında virtus (vir kelimesinden türemiş olup “erkek” anlamına gelir-yiğitlik, cesaret, erdem), özellikle erkeklere özgü bir ahlaki ve fiziksel mükemmellik biçimini ifade eder. Staats (2017) tarafından belirtildiği gibi, Roma virtus'u başlangıçta militarist bir içeriğe sahipti ve savaş alanında cesaret, metanet ve sadakat onun temel bileşenleriydi. Roma ideali, Cincinnatus veya Scipio Africanus gibi asker-devlet adamı figürlerinde somutlaşıyor, bu figürler, Cumhuriyet için askeri hizmet ve özveri yoluyla virtus'u sergiliyorlardı. Genellikle entelektüel ve felsefi gelişimle bağlantılı olan Yunan arete'sinden farklı olarak, Roma virtus'u öncelikle bir yurttaşlık ve askeri idealdir. Yunan agonu retorik, atletik ve diyalektik iken, Roma agonu yasalıcı, militarist ve politik olarak hiyerarşiktir. Horner'ın (1975) vurguladığı gibi, Roma virtus'u gloria (şeref) ve fama (şöhret) eylemleri aracılığıyla tanınmalı, kaydedilmeli ve hatırlanmalıydı ve genellikle anıtlara, yıllık kayıtlara ve aile geleneklerine kazınmalıydı.

Roma kültürü, pietas (πίετες-tanrılara ve aileye karşı görev), gravitas (βαρύτητα-ciddiyet), dignitas (αξιοπρέπεια-onur itibar) ve constantia (Κονσταντία-kararlılık) gibi ayrıntılı bir erdem terimleri dizisi geliştirmiştir. Bu özellikler, Roma elitlerinin davranışlarını yöneten ataların gelenekleri olan mos maiorum'un (προγονικό έθιμο-erdemler bütünü) etik temelini oluşturmuştur (Horner, 1975). Birlikte, Roma vatandaşını ahlaki açıdan disiplinli, sosyal açıdan yükümlü ve siyasi açıdan aktif, yaşam amacı felsefi düşünce theoria (θεωρία-dikkatlice bakmak) değil, aktif hizmet ve kamusal miras olan bir kişi olarak tasarlamışlardır.

### **Klasik Agon'dan İmparatorluk İdeolojisine**

Roma Cumhuriyeti'nin yerini İmparatorluk'a bırakmasıyla birlikte, virtus'u çevreleyen ahlaki söylem, imparatorluk amaçları için giderek daha fazla araçsallaştırılmıştır. Augustus gibi imparatorlar, virtus'u resmi propagandada kullanmışlar ve kendilerini kaotik bir dünyaya Pax Romana'yı (Ειρήνη της Ρώμης-Roma Barışı) geri getiren ahlaki liderliğin örnekleri olarak sunmuşlardır. Bu imparatorluk anlatısında virtus, artık Roma forumu veya savaş alanındaki rekabetçi mükemmellik değil, ilahi onay ve tarihsel kaderle geçerliliği onaylanan hükümdarın kişisel ahlaki otoritesi olmuştur (Benjamins, 2022).

Bu gelişme, Yunan agonizminden önemli bir ayrışma noktasını işaret etmektedir. Yunan arete'si siyasi çoğulculuk ve açık rekabet koşullarında gelişirken, imparatorluk döneminde Roma virtus'u merkezi, hiyerarşik ve törensel hale gelmiştir. Kamu erdemleri, eşitler arasındaki rekabetle değil, imparatorluk gücüne saygı ile yeniden tanımlanmıştır. Birey artık rekabet yoluyla arete için değil, sadakat, itaat ve imparatorun ahlaki örneğine uyum yoluyla dignitas (αξιοπρέπεια-onur itibar) için çabalamaktadır (Wallach, 2011).

Yunan felsefi ahlakının Roma Stoacılığına dâhil edilmesi, bu dönüşümü daha da kolaylaştırmıştır. Cicero ve Seneca gibi şahsiyetler, Yunan ahlaki ideallerini benimsemiş, ancak bunları Roma'nın görev ve dayanıklılık kategorileriyle yeniden şekillendirmişlerdir. Örneğin, fortitudo (σθένος-güç, cesaret), agonistik mükemmellikten ziyade içsel istikrarı ve duyguların bastırılmasını vurgulamıştır. Böylece, sürekliliğin var olduğu durumlarda bile, erdemin niteliği, performans ve tanınırlıktan içsel disiplin ve etik kısıtlamaya doğru ince bir şekilde yeniden yönlendirilmiştir (Hawhee, 2002).

### **Erken Hristiyanlık ve Erdemin Yeniden Yönlendirilmesi**

Hristiyanlığın geç Roma İmparatorluğu'nda ortaya çıkışı, erdem kavramının radikal bir şekilde yeniden tanımlanmasına yol açmıştır. Bu tanımlamada ahlaki mükemmellik, onur, itibar veya toplumsal katkı açısından değil, ilahi irade, manevi alçakgönüllülük ve ahlaki saflık açısından yeniden tanımlanmıştır. Hristiyan erdemleri içe dönük, kurtarıcı ve eskatolojik (έσχατος-teolojik açıdan son) nitelikteydi. Arete ve virtus kamuoyunun onayı ve bu dünyadaki başarıları vurgulamışken, Hristiyan erdemleri lütuf, inanç ve caritas (Κἀριτας-merhamet, sevgi) üzerine odaklanıyordu ve genellikle dünyevi işlerden tamamen uzaklaşmayı içeriyordu (Wildberger, 2006). Papademetriou (2011), Septuagint (sep'tooəjənt-Yediler Kitabı) ve Yeni Ahit'te arete kelimesinin anlamsal ve teolojik evrimini izleyerek, bu kelimenin mükemmellekle olan temel bağlantısını koruduğunu, ancak artık Tanrı'nın huzurunda ruhun mükemmelliğini ifade ettiğini belirtir. Örneğin, 2 Petrus 1:5'teki Yunanca arete terimi, Hristiyan ahlak oluşumunun ilerleyişiyle bağlantılıdır: inanç, erdem, bilgi, özdenetim, sebat, dindarlık, karşılıklı sevgi ve aşk. Burada erdem, artık rekabetçi bir mücadeleyle değil, ilahi dönüşüm ve ruhsal verimlilikle tanımlanmaktadır (Saefatu vd., 2024).

Augustine gibi erken dönem Kilise Babaları, pagan erdemleriyle ilişkili gurur ve kibri reddetmişler ve bunun yerine alçakgönüllülük, iffet ve itaat gibi temel Hristiyan erdemlerini vurgulamışlardır. Achilles, Socrates, Cato gibi Antik dünyanın kahraman figürleri şehitler, münzevi ve alçakgönüllü hizmetkârlarla yer değiştirmişlerdir. Bu yeni örnekler, klasik öncelikleri tersine çeviren kenotik (κένωσις- Mesih'in beden almasında kendini boşaltması

öğretisi) bir erdem biçimi uygulamış zayıflık güç, acı zafer, bilinmezlik ise kutsallık haline gelmiştir (Pancheva, 2013). Bu ahlaki devrim, Batı'nın mükemmellik anlayışını derinden değiştirmiş, arete veya virtus şöhet veya miras meselesi değil, ilahi gerçekte uyum meselesi haline gelmiştir. Koçak'ın (2012) erken Türk-İslam ahlaki bağlamında belirttiği gibi, dünyevi güçten çok manevi fedakârlığın benzer bir şekilde değer kazanması gözlemlenebilir ve bu, insan büyüklüğü anlamındaki daha geniş bir kültürlerarası değişimin bir parçasını oluşturur.

### **Gelenekler Arasındaki Süreklilikler ve Karşıtlıklar**

Yunan, Roma ve Hristiyan erdem anlayışları arasında derin farklılıklar olmasına rağmen, bazı süreklilikler de mevcuttur. Her üç gelenek de alışkanlık haline getirilmiş disiplin, etik öz-oluşum ve topluma yönelimli olmayı ahlaki yaşam için hayati öneme sahip olarak görür. Ancak erdemın telos'u (όπλα-nihai amaç), keskin bir şekilde farklılık gösterir. Yunanlılar için bu, rasyonel mükemmellik yoluyla eudaimonia (ευδαιμονία-mutluluk) iken, Romalılar için kamu hizmeti yoluyla gloria (γλόρια) ve onurdu. Hristiyanlar için ise kurtuluş ve Tanrı ile birleşmeydi (Stamatikos, 2024).

Terminoloji bile bu dönüşümü ortaya koymaktadır. Baumgartner ve Baumgartner (2008) sözlük çalışması Logos Arete'de belirttiği gibi, arete terimi mükemmellik anlamındaki semantik özünü korumuş, ancak referansları ve bağlamları önemli ölçüde değişmiştir. Savaş alanından forumlara ve son olarak manastırlara uzanan erdem yolunda, dışsal fetihlerden içsel kutsallaşmaya doğru bir geçiş yaşanmıştır. Ayrıca, arete ve virtus'un cinsiyet boyutları da Hristiyan söylemlerinde sorgulanmıştır. Roma virtus'u açıkça erkeksiyken, Hristiyan erdemleri genellikle uysallık ve şefkat gibi kadınsı özellikleri içermekte ve ahlaki mükemmelliğin örnekleri olarak kadın azizleri ve şehitleri yüceltmektedir (Papademetriou, 2011).

Arete'nin virtus'a, daha sonra da Hristiyan erdemine dönüşümü, ahlaki dilin zaman ve kültürler boyunca ne kadar derin bir esnekliğe sahip olduğunu göstermektedir. Atletizm, savaş ve yurttaşlık görevine dayanan bir kavram olarak başlayan kavram, imparatorluk, teoloji ve maneviyatın merceğinde yeniden yorumlanmaktadır. Achilles'ten Augustus'a, oradan da Augustine'e kadar, erdemın her yinelemesi, kendi tarihsel ve ahlaki evrenine göre insan mükemmelliğinin sınırlarını yeniden tanımlamaktadır. Bu dönüşümde hem kayıp hem de kazanç ortaya çıkmış, klasik arete'nin dinamizmi ve aciliyeti, Hristiyan erdemının ciddiyeti ve içsellğine yol açmıştır. Ancak kalıcı soru hala geçerlidir: Mükemmel yaşamak ne demektir ve erdem kimin için gerçekleştirilir?

Bir sonraki bölümde, bu eski mükemmellik paradigmasının Türk-İslam ahlak kültüründe, özellikle de savaşçı cesaretini manevi disiplin ve toplumsal sorumlulukla harmanlayan alp, eren ve ahi figürleri aracılığıyla nasıl yeniden kurgulandığı ele alınacaktır.

### **Arete'nin Türk-İslamcı Yeniden Yorumlamaları: Alp, Eren ve Ahi**

Arete kavramı, Yunan antik çağında sağlam bir şekilde kök salmış olsa da, Türk-İslam dünyasının ahlaki ve kültürel geleneklerinde ilginç benzerlikler ve dönüşümler bulunmaktadır. Önceki bölümlerde gösterildiği gibi arete, Yunan agonistik mükemmellik idealinden Roma virtusuna ve sonunda manevi Hristiyan erdem kavramına dönüşmüştür. Ancak, Orta Asya bozkırlarında ve daha sonra Anadolu'da, savaşçı cesareti, dini bağlılık ve sosyal sorumluluğu birleştiren farklı bir ahlaki arketip ortaya çıkmıştır. Bu bileşik ideal, Türk-İslam ahlaki hayal gücünde birbiriyle ilişkili üç figür aracılığıyla en iyi şekilde anlaşılabilir: alp (savaşçı-kahraman), eren (ruhani bilge) ve ahi (ahlaki tüccar ve sosyal organizatör).

Bu arketiplerin her biri, mükemmelliğin farklı boyutlarını özetler ve arete ile benzerlikler taşıırken, amaç, hedef kitle ve inanç sistemi açısından ondan farklılık gösterir. Birlikte, Türk göçebe değerlerini İslami etik ilkeler ve Sufi maneviyatıyla birleştiren yerli bir ahlaki sistemi temsil ederler. Bu bölüm, Türk-İslam geleneğinde insan mükemmelliğinin peşinde koşmanın, arete'nin klasik mirasını nasıl aynı anda onayladığını ve yeniden yapılandırıldığını inceleyerek bu figürleri ayrıntılı olarak ele almaktadır.

### **Alp: Askeri Erdem ve Kahramanlık Ahlakı**

Alp, özellikle Homeros ve Sparta geleneklerinde, klasik Yunan kahramanlarına en yakın benzetme olabilir. Kalkan (2016) tarafından da belirtildiği gibi alp, İç Asya'nın bozkır kültürlerinde, kabilenin korunması ve topraklarının genişletilmesi görevini üstlenen, güç, cesaret ve onurun birleşiminden oluşan bir figür olarak ortaya çıkmıştır. Achilles veya Hector gibi, alp de savaş alanındaki kahramanlığı, akrabalarına ve komutanına olan sadakati ve topluluğun kutsal değerlerine olan derin bağlılığıyla tanımlanıyordu. Ancak Yunan destanındaki bireyci ve rekabetçi savaşçının aksine, alp toplumsal ve manevi bir çerçeveye gömülüdür. Onun kahramanlığı sadece kişisel şöhret için değil, ait olduğu toplumun refahı için ve daha sonra İslamlaşmış biçiminde, inanç (din) ve adaletin savunulması içindir. Savaşçılık becerisi ve etik davranışın birleşimi, bu geleneğin belirleyici bir özelliğidir. Ata'nın (2014) vurguladığı gibi, alp sadece bir kılıç değil, aynı zamanda onu ahlaki kısıtlamalara ve manevi amaçlara bağlayan bir davranış kuralları da taşır.

### **Eren: Sufi Dindarlığı ve İçsel Mükemmellik**

Alp, erdemin eylem, cesaret ve fiziksel güç gibi dışsal boyutunu temsil ediyorsa, eren onun içsel, tefekkürsel yönünü somutlaştırır. Eren (kelime anlamıyla ulaşmış olan), manevi disiplin, ahlaki arınma ve kendini yok etme (fana) yoluyla Tanrı'ya yakınlık kazanmış Sufi mistik, münzevi veya derviştir (Kayaer, 2010). Onun mükemmelliği savaş alanında kazanılan zaferlerde veya sosyal statüde değil, ahlaki arınmada, ilahi bilgide ve evrensel şefkate yatmaktadır. Bu figür, Hristiyanlığın virtus'tan manevi alçakgönüllülüğe geçişiyle paralellik gösterir, ancak İslam metafiziği ve Türk sözlü geleneğine kök salmıştır. İrteş ve Baysal (2023) tarafından belgelendiği üzere, eren'in görsel ve sembolik temsilleri Anadolu'nun kutsal mimarisi ve ayinsel alanlarında yaygındır ve burada sadece dini rehberler olarak değil, ahlaki hafızanın ve toplumsal kimliğin koruyucuları olarak da işlev görürler.

Önemli olarak, eren genellikle bir zamanlar alp olduğu şeklinde tasvir edilir. Bu dönüşüm, dışsal fetihlerden içsel zafere doğru manevi bir olgunlaşmayı işaret eder. Ahmet Yesevi veya Hacı Bektaş-ı Veli gibi Sufi anlatılarında, alp'tan eren'e yolculuk, egoyu (nefs) ilahi iradeye dönüştürme yolculuğudur (Özmen, 2019). Bu, varoluşsal mükemmelliğin bir biçimidir; burada insan potansiyeli, hâkimiyet yoluyla değil, kendini aşma yoluyla zirveye ulaşır.

Bu anlamda eren, arete'yi rekabetçi olmayan ahlaki bir gelişme olarak yeniden yapılandırır. Yunan ve Roma idealleri genellikle benliği başkalarıyla veya kaderle rekabet haline getirirken, Sufi ideali bu mücadeleyi içe, kalbe, ruha ve Mutlak'a yönlendirir (Ajmal, 2013). Erken Hristiyan erdemlerinden çok da farklı olmayan, ancak İslam kozmolojisine dayanan kendi metafizik kelime dağarcığına sahip, radikal alçakgönüllülük ve hizmet etiği sunar.

### **Ahi: Yurttaş Ahlakı ve Etik Çalışma**

Türk-İslam ahlakı manzarasının üçüncü önemli figürü, 13. yüzyılda Anadolu'da ortaya çıkan sosyo-dini bir kardeşlik örgütü olan Ahilik Tarikatı'nın üyesi olan ahidir. Ahi, zanaatkârlık, ticaret ve sosyal örgütlenme alanlarında uygulanan, savaşçı, manevi ve yurttaşlık erdemlerinin belirgin ve güçlü bir sentezini temsil eder. Demirpolat ve Akça'nın (2004) açıkladığı gibi, Ahilik sadece bir lonca sistemi olarak değil, aynı zamanda bir ahlaki kurum olarak da işlev görmüş, üyelerine hem teknik beceri hem de etik davranış eğitimi vermiştir. Ahi ideali, toplumsal erdemleri somutlaştırır. Alp savaş alanında, eren ise ruhunda adaleti ararken, ahi bunu pazar yerinde ve şehirde geliştirir. Üyelerden ticarete dürüst, muhtaçlara cömert, zayıfları koruyan ve dini ve toplumsal değerlere saygılı olmaları beklenmiştir. Onların sloganı olan Elini, belini, dilini tut (Elini, belini ve dilini koru), özdenetim ve kamu hizmeti kurallarını özetler (Doğan, 2015).

Klasik arete ile paralellikler önemlidir: ahi sistemi hem yetkinlik hem de karakterleriyle toplumsal iyiliğe katkıda bulunan mükemmel insan yetiştirmeyi amaçlamıştır. Ancak, Yunan vatandaş-kahramanından farklı olarak, ahi mükemmelliği rekabetten çok dayanışma, misafirperverlik ve etik çalışma ile tanımlar. Diken'in (2024) Harakânî ve ilgili şahsiyetler üzerine yaptığı kültürel analizde gösterdiği gibi, Ahi ahlakı Sufi değerleriyle, halka hizmet Hakk'a hizmettir inancıyla derinden iç içedir. Ahi geleneği, maddi geçim arayışının etik ve manevi bütünlükten ayrılamayacağı bir ahlaki ekonomiyi temsil eder. Birçok yönden, Yunanlıların sorduğu İnsan nasıl yaşamalı? sorusunu yanıtlar, ancak bunu manevi teslimiyet, sosyal sorumluluk ve mesleki saygınlığın bir karışımıyla yapar.

### **Kültürel Birleşme ve Mükemmelliğin Yeniden Çerçevesi**

Alp, eren ve ahi kavramlarının ilk ortaya çıkışı Türk kahramanlığı, İslam teolojisi, Sufi mistisizmi ve Orta Asya toplumsal değerlerini harmanlayan derin bir kültürel sentezi temsil etmektedir. Bunlar sadece arete'nin benzerleri değildir; farklı tarihsel, dini ve kozmolojik çerçevelere dayanan yeniden formülasyonlardır. Yunan agonundan Türk-İslam mükemmellik modeline geçiş, daha geniş medeniyet farklılıklarını yansıtmaktadır. Klasik antik çağda kamusal alanda bireysel farklılıklar vurgulanırken, Türk-İslam modeli toplumsal uyumu, manevi disiplini ve ahlaki hizmeti ön plana çıkarmıştır. Ancak her iki gelenek de kendi yöntemleriyle, kültürel değerleriyle uyumlu bir şekilde cesaret, bilgelik ve adaleti temsil eden uyumlu ve bütünlümlü bir insan yetiştirmeyi amaçlamıştır.

Dahası, mükemmelliğin Türk-İslam yorumları, arete'de bulunan eylem (alp), tefekkür (eren) ve ahlaki ılımlılık (ahi) temelli üçlü yapıyı korumuştur (Derin, 2023). Bu figürlerin her biri, askeri savunma, manevi canlanma veya ekonomik istikrar gibi belirli tarihsel ihtiyaçlara cevap vermekle kalmaz, aynı zamanda ahlaki karakterin oluşumu ve iyi bir yaşam sürme arayışıyla ilgili evrensel bir kaygıyı da ifade eder.

### **Sonuç**

Arete'den virtus'a, oradan da alp, eren ve ahi figürlerine uzanan tarihsel çizgi, insanlık tarihindeki mükemmellik arayışının kültürel olarak nasıl yeniden tanımlandığını gösteren çok katmanlı bir ahlaki dönüşüm sürecine işaret etmektedir. Bu çalışma göstermiştir ki, arete salt Antik Yunan'a özgü bir etik ideal değil; zaman içinde farklı dini, siyasal ve toplumsal bağlamlarda yeniden yorumlanmış, değişen değer sistemlerine uyarlanmıştır.

Klasik Yunan'da özellikle agonistik bir bağlamda ortaya çıkan arete, bireysel kahramanlık, yurttaşlık erdemi ve entelektüel tutarlılık gibi değerler üzerinden tanımlanırken; Roma'da bu kavram virtus olarak daha kurumsallaşmış, toplumsal düzen ve görev bilinciyle iç içe geçmiştir.

Buna karşılık, Türk-İslam dünyasında mükemmellik ideali, arete'nin özü olan insan potansiyelini gerçekleştirme amacını korumakla birlikte, onu Allah inancı, içsel arınma ve toplumsal sorumluluk temelinde yeni bir etik yapı içerisinde dönüştürmüştür.

Bu dönüşüm süreci üç temel dinamikle öne çıkmaktadır: İlki, yeniden bağlamsallaştırmadır. Mükemmellik arzusu sabit kalmakla birlikte, bu mükemmelliğin ölçütleri agonistik başarıdan manevî olgunluğa kayar. İkincisi, içselleştirmedir. Gerek geç Antik felsefede gerekse tasavvuf geleneğinde gözlemlendiği gibi, erdem artık dışsal onaydan çok, içsel uyum ve ruhsal derinlikle tanımlanır. Üçüncüsü ise, toplumsallaştırmadır. Yunan geleneğinde bireysel bir meziyet olan arete, Türk-İslam düşüncesinde toplumsal hizmetle bütünleşmiş, ahi örneğinde olduğu gibi kolektif etik sorumlulukla tanımlanmıştır.

Ancak bu dönüşüm çizgisi doğrusal ve tek yönlü bir gelişim olarak değil, çok yönlü kültürel etkileşimler bağlamında ele alınmalıdır. Türk-İslam dünyası, Yunan-Roma mirasını sadece miras almakla kalmamış; kendi dinsel, siyasal ve toplumsal koşulları doğrultusunda özgün ahlaki tipolojiler geliştirmiştir. Alp, eren ve ahi gibi figürler bu nedenle yalnızca tarihsel benzerlikler yoluyla değil, aynı zamanda farklı ontolojik ve epistemolojik anlayışlarla açıklanmalıdır.

Modern çağın bütünleşik etik anlayış arayışında, bu tarihsel figürler yalnızca geçmişin temsilleri değil, aynı zamanda çağdaş insanın ruhsal, toplumsal ve mesleki dengelerini yeniden kurmasına rehberlik edebilecek örneklerdir. Arete, bu yönüyle sabit bir erdemler listesi değil, her dönemin kendi değerleri ve ihtiyaçları çerçevesinde yeniden anlamlandırdığı dinamik bir ahlaki yönelimdir. Bu yüzden ister Homeros'un kahramanı ister Atinalı yurttaş ister Sufi bir eren veya ahi teşkilatının mensubu olsun, tüm bu figürler, insanın etik potansiyelini gerçekleştirme yolundaki ortak bir arayışın farklı yüzleri olarak okunabilir.

## REFERANSLAR

- Ajmal, M. "Sufi Science of the Soul." *Islamic Spirituality*, edited by Seyyed Hossein Nasr, Routledge, 2013, pp. 294-307.
- Ata, R. "Medeniyetlerin Ruhu ve Osmanlı Medeniyeti." *Fırat Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, cilt 19, no. 2, 2014, ss. 85-102.
- Baumgartner Sr, D. L., ve D. L. Baumgartner. *Logos Arete: A Lexicon of the Ancient Greeks*. Author House, 2008.
- Benjamins, J. *Augustine's Romans: Reshaping Masculinity, Empire, and Social Order After 410 AD*. Doktora Tezi, University of California, Berkeley, 2022.
- Demirpolat, A., ve G. Akça. "Ahilik ve Türk Sosyo-Kültürel Hayatına Katkıları." *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, no. 15, 2004, ss. 355-376.
- Derin, O. E. *The Foundations of Politics and the History of Political Thoughts in the Early Ottoman Empire*. Doctoral Thesis, Middle East Technical University (Turkey), 2023.
- Diken, H. A. "Kültürel ve Ekonomik Bir İmge Olarak 'Harakâni' Üzerine Bazı Tespitler." *Kesit Akademi Dergisi*, cilt 7, no. 26, 2024, ss. 395-409.

- Doğan, K. C. "Ahilik Teşkilatı, Ombudsman ve Etik İlişkisi." *Global Journal of Economics and Business Studies*, cilt 4, no. 7, 2015, ss. 28-36.
- Finkelberg, M. "Virtue and Circumstances: On the City-State Concept of Arete." *American Journal of Philology*, vol 123, no. 1, 2002, pp. 35-49.
- Hawhee, D. "Agonism and Arete." *Philosophy & Rhetoric*, cilt 35, no. 3, 2002, ss. 185-207.
- Horner, A.E. *Ancient Values: "arete And Virtus."*, University of Virginia, United States -- Virginia, 1975. ProQuest, <https://www.proquest.com/dissertations-theses/ancient-values-arete-virtus/docview/302755045/se-2>.
- İrteş, S., ve A. F. Baysal. "Hacı Bektaş-ı Velî Türbesi İç Mekân Duvar Yüzeylerinde Yer Alan Kalemîşi Tezyînâtı ve Dönemsel Çözümlemeleri." *Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*, no. 105, 2023, ss. 57-71.
- Kalkan, A. F. "Türk Destanlarında Kahramanın Olağanüstü Doğumu (Extraordinary Birth of Heroes in Turk Epics)." *Türk Dünyası Dil ve Edebiyat Dergisi*, no. 42, 2016, ss. 27-47.
- Kayaer, A. *Yunus Emre'nin Dünyasında İnsan-Allah İlişkisi. Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, 2010.
- Koçak, K. "Bozkır Kültüründe Alp Karakterinin Ortaya Çıkışında Türk Geleneklerinin Etkisi." *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, cilt 1, no. 2, 2012, ss. 125-135.
- Lesser, R. H. "Female Ethics and Epic Rivalry: Helen in the Iliad and Penelope in the Odyssey." *American Journal of Philology*, vol 140, no. 2, 2019, pp. 189-226.
- Miller, S. G. *Arete: Greek Sports from Ancient Sources*. University of California Press, 2012.
- Muir, J. R. *Isocrates: Historiography, Methodology, and the Virtues of Educators*. Springer International Publishing, 2022.
- Özmen, F. *Türk Halk Anlatılarında Ödül ve Ceza. Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, 2019.
- Pancheva, E. *The Stage of Self: The Morality Plays to Marlowe*. St Kliment Ohridski University Press, 2013.
- Papademetriou, K. "From the Arete of the Ancient World to the Arete of the New Testament: A Semantic Investigation." *Septuagint Vocabulary: Pre-History, Usage, Reception*, Ed: Eberhard Bons and Jan Joosten, SBL Press, 2011, pp. 5-63.
- Saefatu, M., R. Rita, ve M.L.R. Atok. "Eksplorasi Nilai Moderasi Beragama Berdasarkan 2 Petrus 1:5-7 dan Budaya Lokal Lonto Léok." *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, vol 7, no. 12, 2024, pp. 13901-13910. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i12.6382>.
- Staats, J. "Sparta and Arete: The Pursuit of Excellence." *Teaching History*, vol 51, no. 1, 2017, pp. 14-18.
- Stamatikos, A. D. *Life, Aristotle, and the Pursuit of Happiness: Reimagining Virtuous Action as a Highest Good for the Individual*. Doctoral Thesis, Southern Illinois University at Carbondale, 2024.
- Wallach, J. R. "Dēmokratia and Aretê in Ancient Greek Political Thought." *Polis: The Journal for Ancient Greek and Roman Political Thought*, vol 28, no. 2, 2011, pp. 181-215.
- Wildberger, J. *Seneca und die Stoa: Der Platz des Menschen in der Welt*. 2 cilt, De Gruyter, 2006. <https://doi.org/10.1515/9783110915631>.

## YÜKSEK ENERJİLİ VE YAĞLI DİYETLER İLE OMEGA-3/6 YAĞ ASİTLERİNİN ENERJİ METABOLİZMASIYLA İLİŞKİLİ HORMONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

**Delal Ezgi AKINCI**

Selçuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, 42130 Selçuklu, Konya

**ORCID ID:** 0009-0007-7970-6338

**Prof. Dr. Rasim MOĞULKOÇ**

Selçuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, 42130 Selçuklu, Konya

**ORCID ID:** 0000-0001-6155-6780

**Prof. Dr. Abdulkarim Kasım BALTACI**

Selçuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, 42130 Selçuklu, Konya

**ORCID ID:** 0000-0003-2461-1212

### ÖZET

Yağ dokusu trigliserit depolayan bir doku olmasının yanı sıra enerji metabolizmasını ve homeostazisinin düzenlenmesinde görev alan; beslenme, termojenez, bağışıklık, nöroendokrin fonksiyon ve seks steroidlerinin kontrolünde rol oynayan hormon yapısındaki adipokinleri salgılayan aktif bir endokrin organdır. Yüksek enerjili ve yağdan zengin diyetlerin yaygın tüketimi enerji metabolizmasını düzenleyen hormonların etkinliğinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Burada, yüksek enerjili ve yüksek yağlı diyetlerin yanı sıra omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin ve tiroid hormonlarının enerji metabolizmasında önemli asprosin, adropin, preptin, nesfatin-1 ve irisin hormonları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgularda, yüksek yağlı diyetlerin adropin ekspresyonunu arttırarak enerji, lipid ve glikoz metabolizmasını etkileyebildiği, asprosin düzeylerini arttırarak iştahı ve glikoz üretimini uyardığı, nesfatin-1 seviyelerini yükselterek kalp ve testis fonksiyonlarını iyileştirebildiği, irisin düzeylerini arttırarak enerji harcanmasını, insülin duyarlılığını, kemik sağlığını ve üreme fonksiyonlarında olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın yüksek yağlı diyetlerde preptin eksikliği metabolik bozuklukları etkilerken kemik sağlığında cinsiyete bağlı farklı etkiler göstermektedir. Omega-3 yağ asitlerinin anti-inflamatuar özellikleri adropin ve irisin ekspresyonunu yükselterek enerji harcanmasını ve insülin duyarlılığını iyileştirmektedir. Omega-6 yağ asitlerinin aşırı alımı proinflamatuar etkiler üzerinden hormonların fonksiyonlarını etkileyebilmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) diğer hormonların ekspresyonu üzerindeki etkileri hala tam olarak aydınlatılamamıştır. Ayrıca tiroid hormonları hipertiroidi ve hipotiroidi durumlarında asprosin, adropin, preptin ve irisin seviyelerini değiştirerek enerji homeostazını etkiler. Ayrıca irisin tiroid hormonlarıyla işlevsel olarak birbirlerini karşılıklı düzenler. Sonuç olarak, diyetle alınan yağ asitlerinin türü ve miktarı, enerji metabolizmasını düzenleyen hormonların sekresyonu ve etkisi üzerinde belirleyici rol

oynamaktadır. Omega-3 yağ asitlerinden zengin beslenme hormon ekspresyonunu etkileyerek enerji dengesi, insülin duyarlılığını etkileyerek metabolik açıdan koruyucu etki gösterebilir.

**Anahtar kelimeler:** Adipoz doku, asprosin, adropin, irisin, preptin, yüksek yağlı diyet

## **EFFECTS OF HIGH-ENERGY AND HIGH-FAT DIETS AND OMEGA-3/6 FATTY ACIDS ON HORMONES RELATED TO ENERGY METABOLISM**

### **ABSTRACT**

Adipose tissue is not only a site for triglyceride storage but also functions as an active endocrine organ that secretes hormone-like adipokines involved in the regulation of energy metabolism and homeostasis, including nutrition, thermogenesis, immunity, neuroendocrine function, and the control of sex steroids. The widespread consumption of high-energy and high-fat diets induces significant alterations in the activity of hormones that regulate energy metabolism. This review examines the effects of high-energy and high-fat diets, as well as omega-3 and omega-6 fatty acids and thyroid hormones, on key hormones in energy metabolism, including asprosin, adropin, preptin, nesfatin-1, and irisin. Findings indicate that high-fat diets can influence energy, lipid, and glucose metabolism by upregulating adropin expression, elevating asprosin levels to stimulate appetite and glucose production, increase nesfatin-1 levels to enhance cardiac and testicular function, and upregulate irisin to improve energy expenditure, insulin sensitivity, bone health, and reproductive function. In contrast, preptin deficiency under high-fat dietary conditions affects metabolic disorders and exhibits sex-specific effects on bone health. The anti-inflammatory properties of omega-3 fatty acids improve energy expenditure and insulin sensitivity by enhancing adropin and irisin expression, whereas excessive intake of omega-6 fatty acids may disrupt hormone function via pro-inflammatory mechanisms. The effects of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) on the expression of other hormones remain incompletely understood. Additionally, thyroid hormones modulate energy homeostasis by altering asprosin, adropin, preptin, and irisin levels in both hyperthyroid and hypothyroid states. Importantly, irisin and thyroid hormones appear to regulate each other in a reciprocal manner functionally. In conclusion, the type and quantity of dietary fatty acids play a decisive role in the secretion and function of hormones regulating energy metabolism. A diet rich in omega-3 fatty acids may have a metabolic protective effect by affecting hormone expression, energy balance, and insulin sensitivity.

**Keywords:** Adipose tissue, asprosin, adropin, irisin, preptin, high-fat diet

## 1. GİRİŞ

Metabolizmanın düzenlenmesi ve enerji homeostazisinin korunmasında yağ dokusunun önemli endokrin rolü vardır. Yağ doku trigliseritlerin depolanması dışında besin, sinir ve hormonal sinyallere cevap vermesinin yanı sıra beslenmeyi, termojenezi, bağışıklığı, nöroendokrin fonksiyonu kontrol eden adipokinleri de salgılamaktadır. Bu durum enerji homeostazisinde önemli bir rol almaktadır. Yağ doku ayrıca seks steroidlerinin düzeylerini ve aktivitesini de kontrol etmektedir. Yağ dokunun baskın kısmı beyaz yağ dokusudur (WAT) (Belanger et al., 2002; Li et al., 2012).

Adropin, Enho geni tarafından başlıca karaciğer ve beyinde sentezlenen, 76 aminoasitlik bir peptit hormondur. Metabolik homeostaz ve kardiyovasküler sistemle ilişkili olan adropin, diyetin makrobesin içeriği tarafından da düzenlenmektedir. Yaş ilerledikçe plazma adropin konsantrasyonunda düşüş görülmesi (Butler et al., 2012), erkeklerde kadınlara göre adropin konsantrasyonunun daha yüksek olduğu ve erkeklerde plazma adropin konsantrasyonunun Beden Kitle İndeksi ile negatif ilişkisi olduğu gözlemlenmiştir (St-Onge et al., 2014) .

Asprosin esasen beyaz yağ dokudan salgılansa da diğer dokulardan da salgılanabilir. Böylece obezite parametreleriyle asprosin düzeyleri arasındaki ilişki azaltılabilir (Romere et al., 2016). Asprosin, açlıkta artan ve hepatik glikoz salınımını düzenleyen oreksijenik bir protein hormondur; karaciğer bu hormonun başlıca hedef organıdır. Dolaşıma salındıktan sonra OR4M1 ve Ptprd reseptörleri üzerinden glukojenik ve oreksijenik etkiler gösterir (Li et al., 2019; Mishra et al., 2022).

Nesfatin 1, NEFA/nükleobindin2'nin ismidir. Sıçanlarda iştah kontrol merkezi hipotalamik çekirdeklerde ekspresyonu gerçekleşmektedir (Goebel et al., 2009).

Preptin, pankreas beta hücreleri tarafından insülin ve amilinle birlikte sentezlenen, 34 aminoasitten oluşan pro-IGF-II türevli bir peptit hormondur. Glikoz aracılı insülin sekresyonunu artırmakta, ancak tek başına başlatmamaktadır; endojen preptinin anti-preptin antikorlarıyla nötralizasyonu glikoz aracılı insülin salınımını azaltmaktadır (BUCHANAN et al., 2001)

FNDC5 geni tarafından kodlanan ve proteolitik olarak işlenen irisin, fibronektin III alanı içeren 112 aminoasitli bir peptittir; FNDC5 proteini ise 209 aminoasitten oluşur ve N-terminalinde 29 kalıntılı bir sinyal dizisi bulunur. İrisin, başlangıçta kas, perikard, kalp ve beyinde reseptör olarak tanımlanmış, sonradan miyoblast ve nöron farklılaşmasında kritik bir rol oynadığı belirlenmiştir (Ferrer-Martínez et al., 2002).

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu derlemede, yüksek enerjili ve yağlı diyetler ile omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin enerji metabolizmasında rol oynayan hormonlar (asprosin, adropin, preptin, nesfatin-1, irisin) ve tiroid hormonları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

Çalışmalar, **PubMed** veri tabanı kullanılarak taranmıştır. Arama terimleri olarak “high-fat diet”, “omega-3 fatty acids”, “omega-6 fatty acids”, “asprosin”, “adropin”, “preptin”, “nesfatin-1”, “irisin” ve “thyroid hormones” anahtar kelimeleri ile ilgili terimler kullanılmıştır.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Yüksek yağlı diyetlerin adropin üzerine etkileri

Adropin, beyaz ve kahverengi preadiposit çoğalmasını uyarmaktadır (Jasaszwilli et al., 2019). Adropin eksikliği yağlanmaya neden olabilmektedir. Adropin uygulanması veya aşırı ekspresyonu, yüksek yağlı diyetle beslenen hayvanlarda vücut ağırlığında artışa karşı koruma sağlamaktadır. In vitro olarak adropin beyaz ve kahverengi preadipositlerin çoğalmasını uyarır ve olgun adipositlere dönüşümünü inhibe eder (Kołodziejewski et al., 2021).

Adropin konsantrasyonu insanlarda diyetin makro besin içeriğine bağlıdır. 2 saatlik aralıklarla insan dışı primatlardan alınan örnekler plazma adropin seviyelerinde bir ritim olduğunu kanıtlarla göstermiştir. Bu primatlar düşük yağlı diyetle beslenmiştir. Adropin seviyelerinin zirve olduğu noktalar beslenme saatleri civarındadır (Ghoshal et al., 2018). Fare çalışmalarında, adropin ekspresyonunun kolesterol ve 7 oksijenli steroller tarafından baskılanmasının insanlarda adropin konsantrasyonu ve LDL kolesterolün hepatik lipid metabolizması ile bağlantılı olduğunu düşündürmektedir. Yüksek yağlı diyetle beslenen erkek farelerde adropinin karaciğer yağlanmasını (steatoz) önlediği sonucuna ulaşılsa da bununla ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Kumar et al., 2008), (Ghoshal et al., 2018) .

Kadınlarda yağ tüketimi ve uyğunun adropine etkisini inceleyen bir çalışmada; uyku kısıtlaması plazma adropin seviyelerini önemli ölçüde etkilemezken yağ içeriği yüksek besin seçimiyle özellikle doymuş yağlı besinlerle beslenmenin adropin seviyesini pozitif yönde arttırdığı bildirilmiştir (St-Onge et al., 2014) .

### 3.2. Çoklu doymamış yağ asitlerinin (w-3,w-6) adropin üzerindeki etkileri

Geç gebelik döneminde omega-3 yağ asitleri eikosapentaenoik asit (EPA) ve dekoheksaenoik asit (DHA) kaynağının desteklenmesinin koyunlarla yavrularının üretken ve metabolik tepkileri

üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada adropin plazma konsantrasyonlarında hem anne hem de yavrularda hiçbir farklılık tespit edilmemiştir (Coleman et al., 2018).

Farelerde yapılan çalışmalarda, inflamatuvar bağırsak hastalığında (IBH) serum adropin düzeylerinin azaldığı ve hastalık şiddetiyle negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Adropin uygulaması, makrofajlarda anti-inflamatuvar doymamış yağ asidi içeriğini, özellikle çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) anlamlı şekilde artırmıştır. Bu bulgular, adropin ile doymamış yağ asitleri arasında güçlü bir ilişki olabileceğini düşündürmekte olup, omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin adropin üzerindeki etkisini açıklığa kavuşturmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Liu et al., 2023). Bu bulgular adropin ve doymamış yağ asitlerinin arasındaki ilişki hakkında fikir verebilir.

### 3.3. Yüksek yağlı diyetlerin asprosin üzerindeki etkileri

Asprosinin obezite modellerinde vasküler endotel disfonksiyona katkısı, palmitik asitle tedavi edilen sıçan aort endotel hücreleri ve yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde incelendi. Bulgular, asprosinin endotel fonksiyon bozukluğunu ağırlaştırdığını; nitrik oksit azalması, malondialdehit artışı ve PI3K-AKT inhibisyonu ile karakterize edilen bu bozukluğun, asprosin inhibisyonu ile hafifletilebildiğini ve mitokondriyal füzyonun artırılmasıyla düzelebileceğini göstermektedir. (Lu et al., 2023). Bu çalışma asprosinin kan damarı disfonksiyonunun erken bir belirteci olabileceğini göstermektedir. 10 hafta boyunca HFD ile beslenen Sprague Dawley sıçanları üzerinde yapılan çalışmada, artan RBP4/asprosin seviyelerinin obeziteye bağlı periodontitiste alveolar kemik rezorpsiyonunu artırdığı, osteogenezi azalttığı ve proinflamatuvar belirteçleri yükselterek periodontal inflamasyonu şiddetlendirdiği gösterilmiştir (Zhang et al., 2023).

24 Sprague Dawley sıçanı üzerinde yapılan çalışmada, asprosinin *in vitro* ve *in vivo* inflamatuvar etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, HFD ve asprosinin IKK $\alpha$ / $\beta$ -I $\kappa$ B $\alpha$ -NF- $\kappa$ Bp65 yolunu aktive ederek endotel inflamasyonunu artırdığını, asprosin nötralizasyonunun ise bu yolu bloke ederek anti-inflamatuvar etki sağladığını göstermiştir; ayrıca asprosin, hiperlipidemi kaynaklı endotel inflamasyonunu da artırmıştır (Huang et al., 2023).

### 3.4. Yüksek yağlı diyetlerin nesfatin 1 üzerindeki etkileri

Nesfatin-1, gıda alımı ve glikoz homeostazını düzenlemenin yanı sıra kardiyomiyosit metabolizması, endotel fonksiyonu ve kardiyovasküler sistem üzerinde de etkilidir (Gonzalez ve ark 2011, (Feijoo-Bandin et al., 2016). Yüksek yağlı diyetle streptozotosin uygulanarak oluşturulan diyabetik fare modelinde nesfatin-1 tedavisi, insülin duyarlılığını artırmış,

dislipidemiye hafifletmiş ve kalp fonksiyonunu koruyarak miyokard hipertrofisi ile MAP ve CK-MB/AST düzeylerini düşürmüştür. Mekanistik olarak, nesfatin-1 p38-MAPK yolunu bloke ederek diyabet kaynaklı kardiyomiyopatiye karşı koruyucu etki göstermektedir (Wang et al., 2016).

Nesfatin-1, yüksek yağlı/streptozotosin ile indüklenen tip-2 DM farelerinde testis fonksiyon bozukluğunda iyileştirici etki göstererek germ hücre apoptozunu azaltmış, testosteron üretimini ve insülin duyarlılığını artırarak testis histolojisini düzeltmiştir (Ranjan et al., 2020). Yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde gastrik mTOR sinyalizasyonu, nesfatin-1/NUCB2 ve ghrelin üretimini düzenlemekte olup enerji durumu değişikliklerinde paralel aktivite göstermektedir (Li et al., 2012).

Yüksek yağlı diyetle beslenen obez farelerde çinko takviyesi, nesfatin-1 seviyelerini artırarak tokluk hissini güçlendirmiştir (Demirci & Gün, 2022). Obezogenik diyetle NUCB2/nesfatin-1, HMGB1 ekspresyonunu ve salgısını kısmen inhibe ederek NRF2 yolunu aktive etmekte ve NF- $\kappa$ B aracılı pro-inflamatuar yanıtı azaltmaktadır; bu, nesfatin-1'in obezitede anti-inflamatuar bir adipokin olarak terapötik potansiyel taşıdığını göstermektedir (Gharanei et al., 2022).

### **3.5. Çoklu doymamış yağ asitlerinin (w-3, w-6) nesfatin 1 üzerindeki etkileri**

Fat-1 transgenik farelerde endojen n-3 PUFA düzeylerinin artırılmasının, ağırlık/boy oranını değiştirmediği, ancak nesfatin-1 mRNA ekspresyonunu azalttığı bildirilmiştir; bu, nesfatin-1'in tokluk ve enerji dengesiyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (Neff et al., 2011). DEHB tedavisinde kullanılan atomoksetin ve omega-3'ün iştah düzenleyici hormonlar üzerindeki etkilerini inceleyen rat çalışmasında, omega-3'ün oreksijenik ghrelin seviyelerini azalttığı gözlenmiş, nesfatin-1 ile ilgili kesin bir sonuç elde edilememiştir (Özbay & Kayhan, 2024).

### **3.6. Yüksek yağlı diyetin preptin üzerindeki etkileri**

14 hafta boyunca yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde yapılan çalışmada, preptin eksikliğinin erkeklerde metabolizma üzerinde zararlı, kemik sağlığı üzerinde ise olumlu etkiler gösterdiği; dişilerde ise karaciğerde yağ birikimine karşı koruyucu olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca preptin eksikliği, dişilerde metabolik strese yanıtı kötüleştirirken, erkeklerde yüksek yağlı diyetle yanıtı etkilememiştir; iskelet fenotipi üzerindeki etkilerin açıklığa kavuşması için ek çalışmalara ihtiyaç vardır (Buckels et al., 2023).

### **3.7. Yüksek yağlı diyetin irisin üzerindeki etkileri**

Yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde yapılan bir çalışmada, hem yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz hem de orta yoğunluklu sürekli egzersizin iskelet kasında irisin ve BAIBA sentezinde

rol alan genlerin GSH üretimi ve mRNA ekspresyonunu artırdığı bulunmuştur (Wang et al., 2021). Diyabetik farelerde yüksek yağlı diyet ve sekiz haftalık koşu bandı egzersizi uygulanan bir çalışmada, egzersizle ilişkili iskelet kası irisinin oksidatif hasara bağlı **miR-150-FDNC5/piroptoz eksenini** baskılayarak diyabete bağlı osteoporozu iyileştirdiği gösterilmiştir. miR-150'nin FDNC5 mRNA'sının 3'UTR bölgesine bağlanarak gen ekspresyonunu baskıladığı, bunun da irisin düzeylerini azaltarak osteoblast farklılaşması ve mineralizasyonunu olumsuz etkilediği bulunmuştur. Egzersizle artan irisin, FDNC5 ekspresyonunu yükselterek piroptozu azaltmış, kemik kütlesi ve osteojenik aktiviteyi iyileştirmiştir. Bu bulgular, irisin artışının diyabete bağlı glikoz intoleransı ve kemik kaybını hafiflettiğini ve metabolik osteoporozun moleküler mekanizmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Behera et al., 2022).

Yüksek yağlı diyetle (%60 kcal yağ) beslenen sıçanlarda yapılan çalışmada **irisin tedavisinin** erektil fonksiyon, sperm morfolojisi ve hareketliliğini iyileştirdiği, testis hasarını azalttığı ve serum leptin düzeylerini düşürdüğü bildirilmiştir. LH, FSH ve testosteron düzeylerinde değişiklik gözlenmemiştir. Bulgular, irisinin obeziteye bağlı üreme bozukluklarını hafifletebileceğini göstermektedir (Yardimci et al., 2022).

### **3.8. Çoklu doymamış yağ asitlerinin (w-3, w-6) irisin üzerindeki etkileri**

Adipo-miyokin irisin enjeksiyonu, erkek sıçanlarda üreme hormonlarını ve sperm parametrelerini iyileştirmiştir (İbrahim & El-Malkey, 2018). Ayrıca omega-3 takviyesi testis içi irisin düzeylerini artırarak anti-inflamatuar koruma sağlamıştır (Moustafa, 2021). Dolaşımdaki irisin düzeyleri ile maternal HOMA-IR arasındaki ilişki üzerine yapılan çalışmalar çelişkili sonuçlar vermektedir. Çoğu araştırma negatif korelasyon bildirirken, bazıları ilişki bulamamış ya da pozitif korelasyon raporlamıştır. Omega-3 çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) alımının bu ilişki üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bulgular, diyetle omega-3 PUFA alımının maternal plazma irisinin HOMA-IR ve HOMA-IS ile ilişkisini ılımlı şekilde etkilediğini göstermiştir (Cai et al., 2020). Bu durum, gebelikte glikoz metabolizması yönetimi ve bozuklukların önlenmesi açısından önemli olabilir; ancak mekanizmanın aydınlatılması için daha fazla çalışma gereklidir.

### **3.9. Tiroid hormonlarıyla ilişkileri**

38 Wistar-albino sıçanda yapılan çalışmada, hipotiroidizm adropin, asprosin ve preptin seviyelerini, hipertiroidizm ise adropin ve preptini düşürmüştür; tiroid fonksiyonları normale dönünce asprosin düzeyleri de toparlanmıştır (Mogulkoc et al., 2021). Yapılan başka bir

çalışmada, yüksek irisin seviyelerinin yalnızca TAA pozitif ve subklinik hipotiroidi grubunda görüldüğü; TgAb ve TPOAb ile pozitif korelasyon gösterdiği, ancak TSH, FT4 ve CK ile ilişkili olmadığı saptanmıştır. Bu bulgular, yüksek irisinin TAA pozitifliği riskini artırabileceğini göstermektedir (Chen et al., 2021). Paroksetin uygulanan Sprague-Dawley sıçanlarda azalan FT4 ve TSH seviyeleri, deri altı irisin perfüzyonuyla belirgin şekilde artmıştır; bu bulgu, irisin aracılığıyla egzersizin SSRI yan etkilerini hafifletebileceğini göstermektedir (Ercan et al., 2023). Hipotiroidili Çinli hastalarla yapılan çalışmada, azalan irisin düzeylerinin azalan tiroid hormon seviyeleriyle ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Yang et al., 2019).

#### 4. SONUÇ

Vücutta metabolizmanın düzenlenmesinde önemli etkilere sahip olan ve adipoz dokudan salgılanan asprosin, adropin, preptin, nesfatin-1 ve irisin gibi hormonlar beslenme şekli (Omega 3 ve Omega 6 yağ asitleri) ve özellikle yüksek yağlı diyetle alımına bağlı olarak miktarı değişme göstermektedir.

#### KAYNAKLAR

- Behera, J., Ison, J., Voor, M. J., & Tyagi, N. (2022). Exercise-linked skeletal irisin ameliorates diabetes-associated osteoporosis by inhibiting the oxidative damage-dependent miR-150-FNDC5/pyroptosis axis. *Diabetes*, 71(12), 2777-2792.
- Belanger, C., Dupont, P., & Tchernof, A. (2002). Adipose tissue intracrinology: potential importance of local androgen/estrogen metabolism in the regulation of adiposity. *Hormone and metabolic research*, 34(11/12), 737-745.
- BUCHANAN, C. M., PHILLIPS, A. R., & COOPER, G. J. (2001). Preptin derived from proinsulin-like growth factor II (proIGF-II) is secreted from pancreatic islet  $\beta$ -cells and enhances insulin secretion. *Biochemical Journal*, 360(2), 431-439.
- Buckels, E. J., Tan, J., Hsu, H. L., Zhu, Y., Buchanan, C. M., Matthews, B. G., & Lee, K. L. (2023). Preptin Deficiency Does Not Protect against High-Fat Diet-Induced Metabolic Dysfunction or Bone Loss in Mice. *JBMR plus*, 7(8), e10777.
- Butler, A. A., Tam, C. S., Stanhope, K. L., Wolfe, B. M., Ali, M. R., O'Keeffe, M., St-Onge, M.-P., Ravussin, E., & Havel, P. J. (2012). Low circulating adropin concentrations with obesity and aging correlate with risk factors for metabolic disease and increase after gastric bypass surgery in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 97(10), 3783-3791.
- Cai, L., Wu, W., Lin, L., Chen, Y., Gao, R., Shi, B., Ma, B., Chen, Y., & Jing, J. (2020). Association between plasma irisin and glucose metabolism in pregnant women is modified by dietary n-3 polyunsaturated fatty acid intake. *Journal of Diabetes Investigation*, 11(5), 1326-1335.
- Chen, Z., Zhang, Q., Peng, N., Hu, Y., Li, H., He, X., Liu, R., Xu, S., Zhang, M., & Shi, L. (2021). Association of serum irisin concentration with thyroid autoantibody positivity and subclinical hypothyroidism. *Journal of International Medical Research*, 49(5), 03000605211018422.
- Coleman, D., Rivera-Acevedo, K., & Relling, A. E. (2018). Prepartum fatty acid supplementation in sheep I. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid supplementation do not modify ewe and lamb metabolic status and performance through weaning. *Journal of Animal Science*, 96(1), 364-374.
- Demirci, Ş., & Gün, C. (2022). Zinc supplementation improved neuropeptide Y, nesfatin-1, leptin, C-reactive protein, and HOMA-IR of diet-induced obese rats. *Biological Trace Element Research*, 1-11.

- Ercan, Z., Dogru, M. S., Ertugrul, N. U., Yardimci, A., & Canpolat, S. (2023). The Effect of Irisin on Thyroid Hormone Levels in Chronic Paroxetine-Treated Rats. *Biological Trace Element Research*, 201(2), 810-815.
- Feijoo-Bandin, S., Rodriguez-Penas, D., Garcia-Rua, V., Mosquera-Leal, A., González-Juanatey, J. R., & Lago, F. (2016). Nesfatin-1: a new energy-regulating peptide with pleiotropic functions. Implications at cardiovascular level. *Endocrine*, 52, 11-29.
- Ferrer-Martínez, A., Ruiz-Lozano, P., & Chien, K. R. (2002). Mouse PeP: a novel peroxisomal protein linked to myoblast differentiation and development. *Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists*, 224(2), 154-167.
- Gharanei, S., Ramanjaneya, M., Patel, A. H., Patel, V., Shabir, K., Auld, C., Karteris, E., Kyrou, I., & Randeva, H. S. (2022). NUCB2/Nesfatin-1 reduces obesogenic diet induced inflammation in mice subcutaneous white adipose tissue. *Nutrients*, 14(7), 1409.
- Ghoshal, S., Stevens, J. R., Billon, C., Girardet, C., Sitaula, S., Leon, A. S., Rao, D., Skinner, J. S., Rankinen, T., & Bouchard, C. (2018). Adropin: An endocrine link between the biological clock and cholesterol homeostasis. *Molecular metabolism*, 8, 51-64.
- Goebel, M., Stengel, A., Wang, L., Lambrecht, N. W., & Taché, Y. (2009). Nesfatin-1 immunoreactivity in rat brain and spinal cord autonomic nuclei. *Neuroscience letters*, 452(3), 241-246.
- Huang, Q., Chen, S., Xiong, X., Yin, T., Zhang, Y., Zeng, G., & Huang, Q. (2023). Asprosin Exacerbates Endothelium Inflammation Induced by Hyperlipidemia Through Activating IKK $\beta$ -NF- $\kappa$ Bp65 Pathway. *Inflammation*, 46(2), 623-638.
- Ibrahim, R., & El-Malkey, N. (2018). Role of irisin administration in modulating testicular function in adult obese albino rats. *QJM: An International Journal of Medicine*, 111(suppl\_1), hcy200. 193.
- Jasaszwili, M., Wojciechowicz, T., Billert, M., Strowski, M. Z., Nowak, K. W., & Skrzypski, M. (2019). Effects of adropin on proliferation and differentiation of 3T3-L1 cells and rat primary preadipocytes. *Molecular and cellular endocrinology*, 496, 110532.
- Kołodziejski, P. A., Pruszyńska-Oszmałek, E., Wojciechowicz, T., Sassek, M., Leciejewska, N., Jasaszwili, M., Billert, M., Małek, E., Szczepankiewicz, D., & Misiewicz-Mielnik, M. (2021). The role of peptide hormones discovered in the 21st century in the regulation of adipose tissue functions. *Genes*, 12(5), 756.
- Kumar, K. G., Trevaskis, J. L., Lam, D. D., Sutton, G. M., Koza, R. A., Chouljenko, V. N., Kousoulas, K. G., Rogers, P. M., Kesterson, R. A., & Thearle, M. (2008). Identification of adropin as a secreted factor linking dietary macronutrient intake with energy homeostasis and lipid metabolism. *Cell metabolism*, 8(6), 468-481.
- Li, E., Shan, H., Chen, L., Long, A., Zhang, Y., Liu, Y., Jia, L., Wei, F., Han, J., & Li, T. (2019). OLFR734 mediates glucose metabolism as a receptor of asprosin. *Cell metabolism*, 30(2), 319-328. e318.
- Li, Z., Xu, G., Li, Y., Zhao, J., Mulholland, M. W., & Zhang, W. (2012). mTOR-dependent modulation of gastric nesfatin-1/NUCB2. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 29(3-4), 493-500.
- Liu, Q., Zhang, S., Liu, G., Zhou, H., Guo, Y., Gao, F., & Weng, S. (2023). Adropin deficiency worsens TNBS-induced colitis. *International Immunopharmacology*, 124, 110891.
- Lu, Y., Yuan, W., Xiong, X., Huang, Q., Chen, S., Yin, T., Zhang, Y., Wang, Z., Zeng, G., & Huang, Q. (2023). Asprosin aggravates vascular endothelial dysfunction via disturbing mitochondrial dynamics in obesity models. *Obesity*, 31(3), 732-743.
- Mishra, I., Xie, W. R., Bournat, J. C., He, Y., Wang, C., Silva, E. S., Liu, H., Ku, Z., Chen, Y., & Erokwu, B. O. (2022). Protein tyrosine phosphatase receptor  $\delta$  serves as the orexigenic asprosin receptor. *Cell metabolism*, 34(4), 549-563. e548.
- Mogulkoc, R., Dasdelen, D., Baltaci, S. B., Baltaci, A. K., & Sivrikaya, A. (2021). The effect of thyroid dysfunction and treatment on adropin, asprosin and preptin levels in rats. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, 42(1), 37-42.

- Moustafa, A. (2021). Effect of omega-3 or omega-6 dietary supplementation on testicular steroidogenesis, adipokine network, cytokines, and oxidative stress in adult male rats. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2021.
- Neff, L. M., Culiner, J., Cunningham-Rundles, S., Seidman, C., Meehan, D., Maturi, J., Wittkowski, K. M., Levine, B., & Breslow, J. L. (2011). Algal docosahexaenoic acid affects plasma lipoprotein particle size distribution in overweight and obese adults. *The Journal of nutrition*, 141(2), 207-213.
- Özbay, A., & Kayhan, Z. (2024). Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğunun (dehb) nedenleri ve tedavi yöntemleri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(89), 394-406.
- Ranjan, A., Choubey, M., Yada, T., & Krishna, A. (2020). Nesfatin-1 ameliorates type-2 diabetes-associated reproductive dysfunction in male mice. *Journal of Endocrinological Investigation*, 43, 515-528.
- Romere, C., Duerschmid, C., Bournat, J., Constable, P., Jain, M., Xia, F., Saha, P. K., Del Solar, M., Zhu, B., & York, B. (2016). Asprosin, a fasting-induced glucogenic protein hormone. *Cell*, 165(3), 566-579.
- St-Onge, M. P., Shechter, A., Shlisky, J., Tam, C. S., Gao, S., Ravussin, E., & Butler, A. A. (2014). Fasting plasma adipon concentrations correlate with fat consumption in human females. *Obesity*, 22(4), 1056-1063.
- Wang, L., Lavier, J., Hua, W., Wang, Y., Gong, L., Wei, H., Wang, J., Pellegrin, M., Millet, G. P., & Zhang, Y. (2021). High-intensity interval training and moderate-intensity continuous training attenuate oxidative damage and promote myokine response in the skeletal muscle of ApoE KO mice on high-fat diet. *Antioxidants*, 10(7), 992.
- Wang, S., Ding, L., Ji, H., Xu, Z., Liu, Q., & Zheng, Y. (2016). The role of p38 MAPK in the development of diabetic cardiomyopathy. *International journal of molecular sciences*, 17(7), 1037.
- Yang, N., Zhang, H., Gao, X., Miao, L., Yao, Z., Xu, Y., & Wang, G. (2019). Role of irisin in Chinese patients with hypothyroidism: an interventional study. *Journal of International Medical Research*, 47(4), 1592-1601.
- Yardimci, A., Ulker, N., Bulmus, O., Sahin, E., Alver, A., Gungor, I. H., Turk, G., Artas, G., Kaya Tektemur, N., & Ozcan, M. (2022). Irisin improves high-fat diet-induced sexual dysfunction in obese male rats. *Neuroendocrinology*, 112(11), 1087-1103.
- Zhang, Y., Zhang, Y., Tan, Y., Luo, X., & Jia, R. (2023). Increased RBP4 and Asprosin Are Novel Contributors in Inflammation Process of Periodontitis in Obese Rats. *International journal of molecular sciences*, 24(23), 16739.

## THE EFFECT OF 2-WEEK NARINGIN ADMINISTRATION ON NEUROGENESIS OF FRONTAL CORTEX AFTER CEREBRAL ISCHEMIA-REPERFUSION IN OVARIECTOMIZED RATS

Ayşenur KESKİN

Selcuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Konya-TURKIYE

ORCID ID: 0000-0002-4791-098X

Prof. Dr. Rasim MOĞULKOÇ

Selcuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Konya-TURKIYE

ORCID ID: 0000-0001-6155-6780

Prof. Dr. Abdulkarim Kasım BALTACI

Selcuk University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Konya-TURKIYE

ORCID ID: 0000-0003-2461-1212

### ABSTRACT

**Introduction and Objective:** The restriction of blood flow to an organ or tissue is defined as ischemia, while the subsequent restoration of blood flow and oxygen is defined as perfusion. In ischemia, a metabolic imbalance occurs due to the reduction or cessation of arterial blood flow, leading to tissue hypoxia. The aim of this study was to determine the effect of 2 weeks of naringin supplementation on neurogenesis in the frontal cortex following cerebral ischemia-reperfusion in ovariectomized female rats.

**Methods:** Experimental groups consisting of 36 female Wistar albino rats were formed as follows: 1-Control Group, 2-Ovariectomy-Sham Brain I/R Group: Following ovariectomy under general anesthesia, sham I/R was performed by opening and closing the carotid artery regions, followed by solvent administration for 2 weeks. 3-Ovariectomy-I/R Group: Following ovariectomy, the carotid arteries were ligated for 30 minutes under general anesthesia and reperused for 2 weeks following ischemia. 4- Ovariectomy-I/R Sham Treatment Group: After ovariectomy, the carotid arteries were ligated under general anesthesia, followed by 30 minutes of ischemia, followed by reperfusion and vehicle administration for 2 weeks. 5- Ovariectomy-I/R Naringin Treatment Group: After ovariectomy, the carotid arteries were ligated under general anesthesia, followed by 30 minutes of ischemia, followed by reperfusion and vehicle administration for 2 weeks. NeuN levels were determined by immunohistochemical staining of frontal cortex tissue samples.

**Results:** According to the data obtained from the frontal cortex, anti-NeuN antibody levels were similar in the control and sham groups. Anti-NeuN antibody levels decreased in the I/R and I/R+Solvent groups. An increase was observed in the I/R+Naringin group, which received 2 weeks of naringin administration, but it did not reach the levels seen in the control and sham groups.

**Conclusion:** The study results indicated that NeuN levels, which are involved in neurogenesis, were significantly suppressed as a result of damage resulting from I/R; however, 2 weeks of intraperitoneal naringin supplementation may have positive effects on neurogenesis in ovariectomized rats.

**Keywords:** Brain Ischemia-Reperfusion, Naringin, NeuN, Neurogenesis.

## OVARIEKTOMİZE SIÇANLARDA SEREBRAL İSKEMİ-REPERFÜZYON SONRASI 2 HAFTALIK NARİNGİN UYGULAMASININ FRONTAL KORTEKS NÖROGENEZİ ÜZERİNE ETKİSİ

### ÖZET

**Giriş ve Amaç:** Bir organa veya dokuya kan akışının kısıtlanması iskemi, ardından kan akışının ve oksijenin tekrar sağlanması ise perfüzyon olarak tanımlanır. İskemide arteriyel kan akışının azalması/durması ile metabolik dengesizlik oluşarak doku hipoksisi gelişir. Bu çalışmanın amacı, ovariektomize dişi sıçanlarda serebral iskemi-reperfüzyon sonrası 2 haftalık naringin takviyesinin frontal korteksde nöroenez üzerindeki etkisini belirlemektir.

**Yöntemler:** Wistar-albino cinsi 36 dişi sıçandan oluşan deney grupları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur: 1-Kontrol grubu, 2-Ovariektomi-Sham Beyin İ/R Grubu: Genel anestezi altında ovariektomi yapıldıktan sonra karotid arter bölgeleri açılıp kapatılarak sham İ/R uygulandı ve ardından 2 hafta boyunca çözücü uygulandı. 3-Ovariektomi-İ/R Grubu: Ovariektomi sonrasında karotis arterler genel anestezi altında 30 dakika süreyle bağlanmış ve iskemi sonrasında 2 hafta süreyle reperfüze edilmiştir. 4-Ovariektomi-İ/R+ Sham Tedavi Grubu: Ovariektomiden sonra genel anestezi altında karotis arterler bağlandı ve 30 dakika boyunca iskemi uygulandı, ardından reperfüzyon ve 2 hafta boyunca taşıyıcı uygulaması yapıldı. 5-Ovariektomi-İ/R Naringin Tedavi Grubu: Ovariektomiden sonra karotis arterler bağlandı ve genel anestezi altında 30 dakika iskemi uygulandı, ardından reperfüzyon ve 2 hafta boyunca Naringin uygulaması yapıldı. Anestezi uygulanmış hayvanlardan alınan frontal korteks doku örneklerinde immünohistokimyasal boyama ile Anti-NeuN antikor işaretlemesi yapılarak NeuN seviyeleri belirlendi.

**Bulgular:** Frontal korteksten elde edilen verilere göre anti-NeuN antikor seviyesi incelendiğinde, kontrol ve sham gruplarının anti-NeuN antikor seviyeleri birbirine yakındır. Anti-NeuN antikor seviyeleri İ/R ve İ/R+Çözücü gruplarında azalmıştır. 2 haftalık naringin uygulamasına tabi tutulan İ/R+Naringin grubunda ise bir artış gözlenmiştir.

**Sonuç:** Araştırma sonuçları İ/R'ye bağlı olarak ortaya çıkan hasar sonucunda nöroenezde etkili olan NeuN seviyelerinin önemli ölçüde baskılandığını; bununla birlikte 2 haftalık

intraperitoneal naringin takviyesinin ovariektomize sıçanlardaki nöroenez üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Beyin İskemi-Reperfüzyon, Naringin, NeuN, Nörogenezis.

## 1. GİRİŞ

Bir organa veya dokuya kan akışının kısıtlanması iskemi (İ), ardından kan akışının ve oksijenin tekrar sağlanması ise perfüzyon (R) olarak tanımlanır (Pan ve ark 2022). İskemide arteriyel kan akışının azalması/durması ile metabolik dengesizlik oluşarak doku hipoksisi gelişir (Eltzschig ve Eckle, 2011). Reperfüzyonun tekrar sağlanması iskemik hasarı azaltmanın en etkili yolu olsa da doku hasarının artmasına ve inflamatuvar yanıt oluşturarak patolojik bir duruma neden olur (Braunwald ve Kloner 1985). Serebral İ/R hasarı; iskemik inme, ensefalopati, perinatal hipoksi-iskemi ve Alzheimer hastalığı gibi ciddi klinik belirtilerle ilişkilidir (Granger ve Kvietys 2015). İnme, iskemik çekirdek dokuda hücre ölümüne neden olur ancak penumbra rejeneratif tepkiyi tetikler (Ohab ve ark 2006). İnme, haftalar veya aylar içinde iyileşebilir bu da beyin onarımının doğuştan gelen bir kapasitesinin olduğunu göstermektedir (Jin ve ark 2006). Onarımın gerçekleşeceği yollardan birisi nörogenezdir (Eriksson ve ark 1998). İskemi, moleküler ve hücrel onarım mekanizmalarını tetikleyerek nörogenezin iskemik aktivasyonunu sağlar (Cramer ve Chopp 2000).

Nörogenez, Nöral Kök Hücreler (NSC)'in kendini yenileme, çoğalma ve nöronlara farklılaşması gibi ardışık aşamalardan geçerek aralarındaki dengeyi sağlayan, gelişimsel bir süreçtir (Yadav ve ark 2021). NSC'ler, popülasyonunu artırmak için çoğalır, beynin belirli bölgelerine göç ederek burada farklılaşırlar ve yeni oluşan hücreler devreye katılarak olgunlaşırlar (Kuhn ve ark 2016).

Naringin, 4',5,7-trihidroksi-flavonon-7-rhamnoglucoside kimyasal yapısına sahip, limon kabuğu ve tohumu, mandalina tohumu, kiraz, kakao, kekik, domates, bergamot, greyfurt ve acı portakalda bulunan flavonoiddir (Sánchez-Rabaneda ve ark 2003). Naringinin güçlü antioksidan ve antiinflamatur etkileri ise İ/R hasarına karşı nöroprotektif etkiler gösterir (Okuyama ve ark 2018).

NeuN, nöronların çekirdeklerinde ve perinükleer sitoplazmasında bulunan, nöronal nükleer proteindir (Aranarochana ve ark 2021). NeuN, post-mitotik nöronlarda bulunur ve sıklıkla olgun nöronlarda devam eder (Gusel'nikova ve Korzhevskiy 2015).

## 2. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Deneysel Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezinde Etik Kurulu'ndan 26.05.2023 tarihinde alınan 2023-03 numaralı onay ile aynı merkezden temin edilen 230-330 gram arası (290gr), 10-12 haftalık 36 Wistar-albino türü dişi sıçanlar üzerinde gerçekleştirildi. Çalışmadan 1 hafta önce standart diyet ve istedikleri kadar su ile beslendi. Sıçanlar 12 saat aydınlık / 12 saat karanlık döngüsünde ortalama  $22 \pm 2$  °C sıcaklıktaki ortamda tutuldu.

Sıçanlara ovariektomi yapıldıktan 3 gün sonra beyin İ/R operasyonu gerçekleştirildi. Operasyonu takiben 14 gün boyunca naringin tedavisi ve çözücü takviyesi uygulandı. Tedavinin 14. gününden sonra sıçanlar servikal dislokasyonla sakrifiye edildi. Sıçanlardan alınan frontal dokular -80°C'de uygun analiz kitleri ve kimyasalların teminine kadar saklandı. Çalışmanın histolojik analizleri Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji Laboratuvarı'nda yapıldı.

### 2.1. Deney Grupları

Selçuk Üniversitesi Deneysel Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden alınan 36 Wistar-albino dişi sıçan 5 gruba ayrıldı.

**1- Kontrol Grubu (n=6):** Bu gruptaki hayvanlara herhangi bir anestezi ve cerrahi işlem uygulaması yapılmadı.

**2- Ovariektomi-Sham Beyin İ/R Grubu (n=6):** Bu gruptaki hayvanlara genel anestezi altında ovariektomi yapıldıktan sonra yine genel anestezi altında karotid arter bölgeleri açılıp kapatılarak sham iskemi sağlandı.

**3- Ovariektomi-İ/R Grubu (n=8):** Genel anestezi altında ovariektomi yapıldıktan sonra yine genel anestezi altında sıçanlarda karotid arterler izole edildikten sonra 30 dakika süreyle ligate edilerek iskemi yapıldı.

**4- Ovariektomi-İ/R Sham Tedavi Grubu (n=8):** Genel anestezi altında ovariektomi yapıldıktan sonra yine genel anestezi altında sıçanlarda karotid arterler izole edildikten sonra 30 dakika süreyle ligate edilerek iskemi yapıldı. İskemiden sonraki 14 gün boyunca çözücü uygulaması yapıldı.

**5- Ovariektomi-İ/R Naringin Tedavi Grubu (n=8):** Genel anestezi altında ovariektomi yapıldıktan sonra yine genel anestezi altında sıçanlarda karotid arterler izole edildikten sonra 30 dakika süreyle ligate edilerek iskemi yapıldı. İskemiden sonraki 14 gün boyunca Naringin uygulaması yapıldı.

## 2.2. Ovariektomi Oluşturmada Uygulanan Cerrahi İşlemler

Cerrahi işlem öncesinde Ketamin HCl 60mg/kg ve xylazine HCl 5mg/kg karışımı intraperitoneal uygulanarak genel anestezi sağlandı. Anesteziyi takiben abdomen bölgesi tıraş edilerek insizyonla batına girildi. İpek iplik ile fallop tüpleri bilateral olarak bağlandı ve ovaryumlar çıkarıldı. Bölge kapatılarak yara iyileşmesi için beklenildi.

## 2.3. İmmünohistokimyasal Çalışmalar

Frontal korteks frozen kesitleri Anti-NeuN antikoru (ab279297) ve sekonder antikor olarak da goat anti/Ray DyLight 550 (abcam; ab96888) ile işaretlendi. İşlemler karanlık ortamda nem kutusu oluşturularak yapıldı. İncelemeler Olympus BX51 Trinoküler floresan mikroskopta yapıldı. Belirlenen alanların her birinden rastgele 4 alan seçilerek DP72 kamera ile 40X büyütülerek kaydedildi. Alan doğrulama DAPI nükleus boyası ile yapıldı. Kaydedilen görüntülerde Anti-NeuN işaretli hücrelerin total hücrelere oranı Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) programı kullanılarak hesaplandı.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Olgun nöronlar tarafından ekspresyonu sağlanan anti- NeuN antikoru frontal korteks dokusundaki ekspresyonu düzeyleri (Tablo 1)'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Anti- NeuN antikorumun frontal korteksteği düzeyi.

| Gruplar             | Ortalama±SS    |
|---------------------|----------------|
| Kontrol Grubu       | 202,88±30,83 a |
| Sham Grubu          | 200,88±30,71 a |
| İ/R Grubu           | 90,76±41,23 b  |
| İ/R+ Çözücü Grubu   | 100,63±31,88 b |
| İ/R+ Naringin Grubu | 183,34±30,70 a |

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (a>b>c; P<0,001).

Çalışmamızda ovariektomize sıçanlarda beyin İ/R ve 2 hafta süreli naringin uygulamasının nörogenezde önemli bir faktör olan NeuN düzeylerine olan etkisi incelendi. NeuN değeri İ/R'yle birlikte önemli azalma gösterirken iki hafta süreli naringin takviyesi frontal korteksteği Neu N düzeylerinde belirgin bir artışa yol açtı. NeuN, nöronların çekirdeklerinde ve perinükleer sitoplazmasında bulunan, nöronal nükleer proteindir (Aranarochana ve ark 2021). NeuN, post-mitotik nöronlarda bulunur ve sıklıkla olgun nöronlarda devam eder (Gusel'nikova ve Korzhevskiy 2015). Nörolojik araştırmalarda NeuN'nin ekspresyon seviyesi, nöronun ölümünü değerlendirmek için kullanılır (Davoli ve ark 2002).

Araştırmamıza benzer şekilde Yılmaz ve ark. (2024) tarafından gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada erkek sıçanlarda aynı dozda İ/R sonrası 2 hafta boyunca naringin takviyesi yapıldığında frontal kortekste NeuN değerlerini belirgin şekilde artırmış ve İ/R'ye bağlı bu parametredeki azalmayı önemli şekilde düzeltmiştir. Bizim araştırmamızda ise dişi sıçanlarda ovariectomi sonrası 2 hafta süreli aynı dozda naringin uygulaması İ/R'ye bağlı olarak azalan NeuN değerlerini tekrar artırarak hatta kontrol değerlerinin bile üzerine çıkarması naringin takviyesiyle oluşan olumlu etkinin cinsiyete bağlı olarak farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır.

#### 4. SONUÇ

İ/R sonucu nörogenezde etkili olan NeuN seviyeleri belirgin şekilde baskılanmıştır. Ancak 2 hafta süreli peritonici naringin takviyesi ovariectomize sıçanlarda İ/R'ye bağlı olarak meydana gelen nörolojik yetmezlik ve nörogenez üzerine pozitif bir etki oluşturmuştur.

Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda farklı deney süresi ve uygulama zamanı ve bu yollardaki moleküllerin araştırılmasıyla mekanizma daha detaylı bir şekilde açıklanabilir.

#### KAYNAKLAR

- Pan, Y., Wang, X., Liu, X., Shen, L., Chen, Q., & Shu, Q. (2022). Targeting Ferroptosis as a Promising Therapeutic Strategy for Ischemia-Reperfusion Injury. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 11(11), 2196. <https://doi.org/10.3390/antiox11112196>
- Eltzschig, H. K., & Eckle, T. (2011). Ischemia and reperfusion--from mechanism to translation. *Nature medicine*, 17(11), 1391–1401. <https://doi.org/10.1038/nm.2507>
- Braunwald, E., & Kloner, R. A. (1985). Myocardial reperfusion: a double-edged sword?. *The Journal of clinical investigation*, 76(5), 1713–1719. <https://doi.org/10.1172/JCI112160>
- Granger, D. N., & Kvietys, P. R. (2015). Reperfusion injury and reactive oxygen species: The evolution of a concept. *Redox biology*, 6, 524–551. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.08.020>
- Ohab, J. J., Fleming, S., Blesch, A., & Carmichael, S. T. (2006). A neurovascular niche for neurogenesis after stroke. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 26(50), 13007–13016. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4323-06.2006>
- Jin, K., Wang, X., Xie, L., Mao, X. O., Zhu, W., Wang, Y., Shen, J., Mao, Y., Banwait, S., & Greenberg, D. A. (2006). Evidence for stroke-induced neurogenesis in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(35), 13198–13202. <https://doi.org/10.1073/pnas.0603512103>
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A. M., Nordborg, C., Peterson, D. A., & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature medicine*, 4(11), 1313–1317. <https://doi.org/10.1038/3305>
- Cramer, S. C., & Chopp, M. (2000). Recovery recapitulates ontogeny. *Trends in neurosciences*, 23(6), 265–271. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(00\)01562-9](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(00)01562-9)
- Yadav, A., Tandon, A., Seth, B., Goyal, S., Singh, S. J., Tiwari, S. K., Agarwal, S., Nair, S., & Chaturvedi, R. K. (2021). Cypermethrin Impairs Hippocampal Neurogenesis and Cognitive Functions by Altering Neural Fate Decisions in the Rat Brain. *Molecular neurobiology*, 58(1), 263–280. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02108-9>
- Kuhn, H. G., Eisch, A. J., Spalding, K., & Peterson, D. A. (2016). Detection and Phenotypic Characterization of Adult Neurogenesis. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 8(3), a025981. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a025981>

- Sánchez-Rabaneda, F., Jáuregui, O., Casals, I., Andrés-Lacueva, C., Izquierdo-Pulido, M., & Lamuela-Raventós, R. M. (2003). Liquid chromatographic/electrospray ionization tandem mass spectrometric study of the phenolic composition of cocoa (*Theobroma cacao*). *Journal of mass spectrometry : JMS*, 38(1), 35–42. <https://doi.org/10.1002/jms.395>
- Okuyama, S., Yamamoto, K., Mori, H., Sawamoto, A., Amakura, Y., Yoshimura, M., Tamanaha, A., Ohkubo, Y., Sugawara, K., Sudo, M., Nakajima, M., & Furukawa, Y. (2018). Neuroprotective effect of *Citrus kawachiensis* (Kawachi Bankan) peels, a rich source of naringin, against global cerebral ischemia/reperfusion injury in mice. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 82(7), 1216–1224. <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1456320>
- Aranarochana, A., Kaewngam, S., Anosri, T., Sirichoat, A., Pannangrong, W., Wigmore, P., & Welbat, J. U. (2021). Hesperidin Reduces Memory Impairment Associated with Adult Rat Hippocampal Neurogenesis Triggered by Valproic Acid. *Nutrients*, 13(12), 4364. <https://doi.org/10.3390/nu13124364>
- Gusel'nikova, V. V., & Korzhevskiy, D. E. (2015). NeuN As a Neuronal Nuclear Antigen and Neuron Differentiation Marker. *Acta naturae*, 7(2), 42–47.
- Davoli, M. A., Fourtounis, J., Tam, J., Xanthoudakis, S., Nicholson, D., Robertson, G. S., Ng, G. Y., & Xu, D. (2002). Immunohistochemical and biochemical assessment of caspase-3 activation and DNA fragmentation following transient focal ischemia in the rat. *Neuroscience*, 115(1), 125–136. [https://doi.org/10.1016/s0306-4522\(02\)00376-7](https://doi.org/10.1016/s0306-4522(02)00376-7)
- Yilmaz, E., Acar, G., Onal, U., Erdogan, E., Baltaci, A. K., & Mogulkoc, R. (2024). Effect of 2-Week Naringin Supplementation on Neurogenesis and BDNF Levels in Ischemia-Reperfusion Model of Rats. *Neuromolecular medicine*, 26(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s12017-023-08771-0>

## KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLEMEDE KARŞILAŞILAN ARTEFAKTLAR

Arş. Gör. İrem BULUT

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

ORCID ID: 0000-0002-9255-6887

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülerinde ortaya çıkan artefaktların türlerini, oluşum nedenlerini ve bu artefaktların görüntü kalitesi ile tanısal doğruluk üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca artefaktların oluşumunu azaltmak için uygun çekim koşullarının ve hasta hazırlığının önemine dikkat çekilmektedir.

**Gereç ve Yöntem :**KIBT sistemlerinin çalışma prensipleri ve görüntü kalitesini etkileyen faktörler literatür taramasıyla analiz edilmiştir. Artefaktların kaynaklarını belirlemek amacıyla FOV boyutu, maruziyet parametreleri, metalik materyallerin varlığı ve hasta hareketi gibi değişkenlerin etkileri incelenmiştir. Bu değişkenlerin tanısal görüntü kalitesi üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** KIBT görüntülerinde çeşitli artefakt türleri gözlenmektedir. En sık rastlananlar arasında ışın sertleşmesi, metal varlığına bağlı çizgi artefaktları, hasta hareketinden kaynaklanan bozulmalar, parsiyel hacim etkisi ve halka artefaktları yer almaktadır. Bu bozulmaların görülme sıklığı; çekim parametreleri, hastanın sabitliği, kullanılan cihazın kalibrasyonu ve FOV seçimi gibi etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak artefaktların varlığı, görüntü kalitesini düşürerek tanısal yorumlamayı güçleştirmektedir.

**Sonuç:** KIBT görüntülerinde artefaktların tanınması ve kontrol altına alınması, doğru ve güvenilir bir radyolojik değerlendirme için gereklidir. Uygun FOV seçimi, hastanın doğru pozisyonlandırılması ve hareketin en aza indirilmesi artefakt oluşumunu azaltabilir. Artefakt nedenlerinin iyi anlaşılması, hem tanısal doğruluğu artırır hem de gereksiz tekrar çekimlerini önleyerek radyasyon dozunun azaltılmasına katkı sağlar. Sonuç olarak, artefakt farkındalığı KIBT'nin diş hekimliğinde etkin ve güvenilir şekilde kullanılabilmesi için temel bir unsurdur.

**Anahtar Kelimeler:** KIBT, Artefakt, Görüntü kalitesi

## ARTIFACTS ENCOUNTERED IN CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGING

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study is to evaluate the types of artifacts that appear in cone beam computed tomography (CBCT) images, their causes, and their effects on image quality and diagnostic accuracy. It also highlights the importance of appropriate imaging conditions and patient preparation to reduce the occurrence of artifacts.

**Materials and Methods:** The working principles of KIBT systems and factors affecting image quality were analyzed through a literature review. To identify the sources of artifacts, the effects of variables such as FOV size, exposure parameters, the presence of metallic materials, and patient movement were examined. The effects of these variables on diagnostic image quality were evaluated comparatively.

**Results:** Various types of artifacts are observed in KIBT images. The most common include beam hardening, line artifacts due to metal presence, distortions caused by patient movement, partial volume effect, and ring artifacts. The frequency of these distortions varies depending on factors such as imaging parameters, patient stability, device calibration, and FOV selection. In general, the presence of artifacts reduces image quality and complicates diagnostic interpretation.

**Conclusion:** Recognizing and controlling artifacts in KIBT images is essential for accurate and reliable radiological evaluation. Appropriate FOV selection, correct patient positioning, and minimizing movement can reduce artifact formation. A thorough understanding of the causes of artifacts improves diagnostic accuracy and contributes to reducing radiation exposure by preventing unnecessary repeat scans. Consequently, artifact awareness is a fundamental element for the effective and reliable use of CBCT in dentistry.

**Keywords:** CBCT, Artifact, Image quality

## KARAR YORGUNLUĞUNUN İŞ TATMİNİNE OLAN ETKİSİNDE TÜKENMİŞLİĞİN ARACI ROLÜ: KIRŞEHİR İLİNDEKİ KAMU ÇALIŞANLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**Doç. Dr. Fatih Ferhat ÇETİNKAYA**

Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of  
Business Administration, 40100 Bağbaşı, Kırşehir

**ORCID ID: 0000-0003-2263-0479**

**Mehmet Orkun ÜNSEVER**

Kırşehir Ahi Evran University, Institute of Social Science, Department of Business Administration,  
40100 Bağbaşı, Kırşehir

**ORCID ID: 0000-0003-3978-9056**

### ÖZET

Karar yorgunluğu, psikolojik ve bilişsel olarak zorlayıcı koşullarda öz-düzenleme başarısızlığına neden olan bir yapıdır. İnsanların işlerinden memnun olduklarında, her gün kalkıp işe gitmek, yaptıkları işten zevk alan insanlar için daha kolaydır. Tükenmişlik yaşayan kişi sürekli stres, çaresizlik, umutsuzluk ve kapana kısılmışlık hisseder. Sonuç olarak fiziksel, duygusal ve zihinsel yorgunluk ortaya çıkar. Kısaca bu belirtilen kavramlardan yola çıkarak oluşturulan araştırmanın amacı karar yorgunluğunun iş tatminine olan etkisinde tükenmişliğin aracı rol üstlenip üstlenmediğinin test edilmesidir. Bu çalışmanın temel amacına ulaşabilmek için sırasıyla SPSS 21 programı kullanılarak katılımcılara ait demografik özellikler çıkarılmış, korelasyon analizi ile ölçeklere ait ilişkiler belirlenmiş, skewness ve kurtosis değerlerine bakılarak değişkenlerin normal dağılım sergileyip sergilemediğine bakılarak, daha sonraki aşamada ise AMOS 21 programı vasıtasıyla doğrulayıcı faktör analizi yapılarak faktör yükleri ve iyi uyum değerlerine bakılarak elde edilen ilgili değerlere bakılarak yol analizi aşamasına geçilmiştir. Baron ve Kenny (1986) tarafından önerilen dört aşamalı yol analizi kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler ve son olarak da aracılık etkisi irdelenmiştir. Çalışma sonucunda Kırşehir ilindeki kamu çalışanlarından 306 anket katılımcısının verdiği yanıtlar doğrultusunda karar yorgunluğunun iş tatminine olan etkisinde tükenmişlik kavramının kısmi aracı etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bahsedilen yol analizleri ile ulaşılan kısmi aracılık etkisi Sobel testi yapılarak doğrulanmıştır. Çalışma kapsamında aracılık analizine kadar yapılan analizlerle elde edilen sonuçlar incelendiğinde, özellikle karmaşık işlerde çalışan bireylerin karar yorgunluklarının işlerine de yansıtacağı bir gerçektir. Çalışmada elde edilen bir diğer sonuç olan karar yorgunluğu ve tükenmişlik ilişkisi de üzerinde düşünölmeye değer bir diğer durumdur, çalışmadaki bulguya göre iki kavram pozitif ilişkiye sahiptir, bu da karar yorgunluğunun ortaya çıkabileceği işlerde çalışan bireylerin daha fazla tükenmişlik durumu ile karşı karşıya kalabileceği anlamına gelmektedir. Çalışmada en güçlü ilişki iş tatmini ve tükenmişlik arasında bulgularan negatif durumdur. Tükenmişlik durumunda bireyin işine olan

katkısının azalacağı göz önünde bulundurulduğunda, yöneticiler ve organizasyonlar için bu ilişkinin varlığının göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Karar yorgunluğu, iş tatmini, tükenmişlik, aracı etki, Baron ve Kenny

**THE MEDIATING ROLE OF BURNOUT IN THE EFFECT OF DECISION  
FATIGUE ON JOB SATISFACTION: A STUDY ON PUBLIC EMPLOYEES IN  
KIRŞEHİR PROVINCE**

**ABSTRACT**

Decision fatigue is a construct that causes self-regulation failure under psychologically and cognitively challenging conditions. When people are satisfied with their jobs, getting up and going to work every day is easier for those who enjoy their work. Those experiencing burnout experience constant stress, helplessness, hopelessness, and entrapment. Consequently, physical, emotional, and mental fatigue develop. In short, the purpose of this research, developed based on these concepts, is to test whether burnout plays a mediating role in the effect of decision fatigue on job satisfaction. To achieve the primary objective of this study, demographic characteristics of the participants were obtained using SPSS 21. Correlation analysis was used to determine the relationships between the scales. Skewness and kurtosis values were used to determine whether the variables exhibited a normal distribution. Confirmatory factor analysis was then conducted using AMOS 21. Factor loadings and goodness-of-fit values were examined, and the path analysis was then performed. Using the four-stage path analysis proposed by Baron and Kenny (1986), the relationships between variables and, finally, the mediating effect were examined. Based on the responses of 306 survey participants from public employees in Kırşehir province, the study concluded that the concept of burnout partially mediates the effect of decision fatigue on job satisfaction. The partial mediating effect obtained through the aforementioned path analyses was confirmed by a Sobel test. Examining the results of the analyses conducted up to the mediating analysis within the scope of the study, it is clear that decision fatigue, especially for individuals working in complex jobs, will be reflected in their work. Another result obtained in the study, the relationship between decision fatigue and burnout, is also worth considering. According to the study's findings, the two concepts have a positive relationship, suggesting that individuals working in jobs where decision fatigue is likely to occur may experience greater burnout. The strongest relationship in the study is the negative relationship found between job satisfaction and burnout. Considering that an individual's contribution to his/her work will decrease in case of burnout, it is important for managers and organizations to take this relationship into consideration.

**Keywords:** Decision fatigue, job satisfaction, burnout, mediating effect, Baron and Kenny

## 1.GİRİŞ

Çalışmada organizasyonlar için önemli bir kavram olan iş tatminini etkileyebilecek olduğu düşünülen karar yorgunluğu ve tükenmişlik kavramlarla olan ilişkiler irdelenmeye çalışılmıştır. Karar yorgunluğu zorlayıcı koşullar altında bireylerin karar verme süreçlerini sekteye uğratabilecek ve getirdiği öz düzenleme başarısızlığı ile birlikte karar verme kalitesinin düşmesine neden olan bir kavram olarak belirtilmektedir. Tükenmişlik kavramı ise daha ağır tablolar şeklinde seyreden bir psikolojik durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumla yüzleşen bireylerde öz değersizlik, ilgi azalması, yalnızlaşma gibi durumların ortaya çıkabileceği ve Dünya Sağlık Örgütü'ne göre de iş kaynaklı stresin geleceğin önemli patolojilerinden biri olacağı tespitiyle çok önem arz etmektedir. İş tatmini kavramının bireyler ve organizasyonlar için önemli bir kavram olduğu düşünüldüğünde ve işten ayrılma niyetinin de en önemli göstergelerinden biri olduğu düşünüldüğünde bu kavramların bir arada çalışılması önemli olarak görülebilecektir. İş tatmini ve karar yorgunluğu arasındaki irdeleyen çalışmalar bulunmasa da, literatürde iş tatmini ve tükenmişlik arasındaki ilişkiyi irdeleyen çalışmalar mevcuttur, bu çalışmalarda negatif yönlü ilişkiler tespit edilmiş olup, bu çalışmada da paralel sonuçlar elde edilmiştir (Şahin ve Şad, 2018; Tekin ve Akgemci, 2017). Bu değişkenleri bir arada irdeleyen çalışmanın bulunmaması ve modele aracı değişken de dahil edilerek çalışmanın gerçekleştirilmesi önem arz etmekle birlikte daha sonraki çalışmalara da elde edilen sonuçlarla katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada öncelikle literatürde bu kavramlarla ilgili tespitlere yer verilerek, daha sonra toplanan veri ışığında yapılan istatistiki analizlere yer verilecektir.

Karar yorgunluğu; Persson vd. (2019) tarafından belirtildiği şekliyle, bu kavramı, ilk kez Baumeister ve diğerleri (1998) tarafından yapılan araştırmada kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre karar yorgunluğu, kişilerin kendi bilişsel kaynaklarını tüketerek tıpkı kas yorgunluğuna benzer bir durum gibi açıklanmıştır. Diğer bir ifadeyle, karar yorgunluğu, psikolojik ve bilişsel olarak zorlayıcı koşullarda kendini gösterebilen ve öz-düzenleme başarısızlığına ve karar verme kalitesinin düşmesine neden olan bir yapıdır. Karar verme aşamasında gerçekleşen sürekli tekrarların etkisine çoğunlukla karar yorgunluğu denir (Sarıakçalı&Kırpık, 2022: 1172). Son birkaç on yıldır yapılan bu tür çalışmalar, karar yorgunluğu olarak bilinen bir olguyu tutarlı bir şekilde ortaya koymuştur. Temel olarak fikir şudur: Kendimizi zor şeyler yapmaya zorlama - yani özdenetim veya özdisiplin uygulama- yeteneğimiz, içimizdeki belirli bir sınırlı kaynağa dayanır. Zor kararlar almaya zorlandığımızda da aynı kaynağa başvururuz. Dolayısıyla özdenetimimiz azaldığında, kötü seçimler yapmaya başlarız (Oto, 2012: 1). Baumeister ve

arkadaşları (1998), karar yorgunluğunu zihinsel kaynakların tükenmesi olarak tanımlanan "ego tükenmesinin" bir sonucu olarak tanımlamaktadır. Dikkatli bilişsel işleme ve sistematik karar alma için gereken öz kontrolün, sınırlı miktarda zihinsel kaynak gerektirdiğini savunmaktadırlar. Öz kontrol, genellikle karar alma için mevcut bilişsel kaynaklar düşük olduğunda bozulur. Bu nedenle, insanlar belirli bir süre boyunca karmaşık kararlar almaya çaba harcadıklarında, ortaya çıkan karar yorgunluğu, sonraki kararlarının kalitesini geçici olarak düşürür. Psikolojide daha sonraki birçok çalışma, karar yorgunluğunu destekleyen daha fazla kanıt sağlamıştır (Hirshleifer vd., 2019: 84). Öz Kontrol Güç Modeli'ne ek olarak, Inzlicht ve Schmeichel (2012) bir Ego Tükenmesi Süreç Modeli önermektedir. Bu model, ego tükenmesi etkisinin dikkat düzenlemesi ve davranışsal motivasyondaki değişikliklerin bir sonucu olduğunu varsayar. Özellikle, ego tükenmesi belirtileri (yani karar yorgunluğu), dürtüsellik ve dikkat eksikliklerini artıran ve kişinin normalde davranış değişikliğine işaret edecek içsel çatışmaları veya tutarsızlıkları fark etme becerisini zayıflatan motivasyonel kaymalardan kaynaklanır. Bu model, yeterli teorik kanıta sahip olmakla birlikte, sonraki geçerliliği için daha fazla ampirik teste ihtiyaç duymaktadır; yine de karar yorgunluğunun altında yatan mekanizmalara uygun bir alternatif olarak hizmet edebilir (Pignatiello vd, 2020: 2). Başkaları adına seçim yapmanın özellikleri, öz-düzenleyici tükenme müdahaleleriyle paralellikler ortaya koymaktadır. Bir tema, başkaları adına seçim yapmanın insanları daha olumlu, açık ve soyut bir moda sokmasıdır. İnsanların başkaları için yaptıkları seçimler, kendileri için yaptıkları seçimlerden daha idealist ve zevk odaklıdır. İnsanlar ayrıca başkaları için seçim yaparken kendileri için olduğundan daha fazla terfi odaklıdır. Bu da karar vericilerin başkaları için seçim yaparken daha olumlu bilgilerle (başarılar ve kazanımlar gibi) ilgilendikleri fikrini pekiştirir. Belki şaşırtıcı ama bu literatürle tamamen tutarlı bir şekilde, insanlar kendileri için değil başkaları için satın alma kararları vermekten daha çok keyif alırlar (Polman&Vohs, 2016: 472). Doğru tanılarının formüle edilmesi ve etkili ve güvenli tedavi seçeneklerinin seçilmesi gibi önemli kararlar, hasta sonuçları ve sağlık sistemi içindeki sınırlı kaynakların uygun şekilde tahsisi için çok önemlidir. Bilimsel gelişmeler ve kanıta dayalı tıbbın uygulanması, modern sağlık hizmetlerinde geniş kapsamlı iyileştirmelere yol açmış olsa da sağlık profesyonelleri de dahil olmak üzere insan karar alma süreçleri önyargıya açık olmaya devam etmekte ve nispeten sık olarak yetersiz kararlar alınmaktadır. Yetersiz bakım kararlarının potansiyel bir nedeni, karar yorgunluğudur: Karar verme sürecinin kümülatif yükü arttıkça daha az çaba gerektiren kararlar alma eğilimi artmaktadır (Maier vd., 2025: 2).

İş tatmini: Kuruluş çalışanları, kuruluşun üstünlük derecesinin bir ölçüsüdür; sadakat ve bağlılıkları, verilen görevi daha kaliteli yapmalarına neden olur. Bu, kuruluşun performansını, verimliliğini ve etkinliğini artırır. Tersine, kuruluş tarafından atanan işlevlerde dikkatsiz veya sorumsuz davranan çalışanlar, ortaklara aktarılır ve bireylerin performansını düşürerek kuruluşun nitelik ve nicelik açısından zayıflamasına neden olur. Örgütsel davranışın en önemli kavramlarından biri iş tatminidir. İş tatmini ve tatminsizliğinin nasıl belirleneceği konusunda her zaman çıkarımlar yapılmıştır ve bir işin başarısı veya başarısızlığındaki en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilir. Bilim insanları ve yönetim bilimleri uzmanları, üretkenlik, işe devamsızlık, iş tatmini ve çalışanların yer değiştirmesini örgütsel davranıştaki temel değişkenler olarak kabul etmektedir (Amooupour vd., 2014: 2). İnsanların işlerinden memnun olduklarında, bunun emekten çok eğlence gibi hissettirdiğini buldu. Her gün kalkıp işe gitmek, yaptıkları işten zevk alan insanlar için daha kolaydır. Stresin iş performansı, psikolojik sağlık ve fiziksel sağlık üzerinde olumsuz etkileri vardır; her ikisi de işte takdir edildiğini ve takdir edildiğini hissetmekle hafifletilir. Dahası, memnun iş gücü işlerinde daha üretken ve heveslidir. Diğer yandan, memnun çalışanların işlerinde beklentilerin ötesine geçme olasılıkları daha yüksektir. Bu iyimser bakış açısı takım arkadaşlarına da yansiyabilir ve üretkenliği artırabilir. Çalışmalar iş tatmini ve üretkenlik arasında bir korelasyon olduğunu gösterse de, stres seviyelerini azaltmanın performans üzerinde olumlu bir etkisi olabilir (Gazi vd., 2024: 2). İş tatmininin durumsal modeli, iş tatmininin iş özelliklerinden kaynaklandığını öne sürer. Bu yaklaşım, tüm kişilerin benzer ihtiyaçlara sahip olduğu ve bu nedenle aynı iş özelliklerinden memnun olduğu varsayımına dayanır. Buna karşılık, eğilimsel iş tatmini modeli, bir kişinin belirli nispeten istikrarlı özelliklerinin, iş özelliklerinden ve durumdan bağımsız olarak iş tatminini etkilediğini belirtir. Mizaç teorisinin kapsamını daraltan önemli model, Judge ve arkadaşları tarafından önerilen Temel Öz Değerlendirme Modeli'yd. Judge, kişinin iş tatminine yönelik eğilimini belirleyen dört Temel Öz Değerlendirme olduğunu öne sürmüştür: öz saygı, genel öz yeterlilik, kontrol odağı ve nevroitiklik. Bu model, daha yüksek öz saygı ve genel öz yeterlilik düzeylerinin daha yüksek iş tatminine yol açtığını belirtmektedir. Son olarak, iş tatmininin etkileşimsel modeli, kişi ile çevre arasındaki uyumun iş tatminini etkilediğini savunur. Bu yaklaşım, Kişi-Çevre Uyumunu olarak bilinir. Spokane, Kişi-Çevre Uyumunu modeli literatürünü incelemiş ve Kişi-Çevre Uyumunu'nun iş tatminiyle pozitif ilişkili olduğu sonucuna varmıştır (Franek&Vecera, 2008: 63). Çalışanların işlerine ne kadar emek verdiklerini etkileyen üç kriter belirtilebilecektir. Çalışanlar şu durumlarda çok çalışırlar: (1) iş gururu hissettiklerinde, (2) işlerini büyüleyici ve anlamlı bulduklarında ve (3) çalışanlar çalışmaları ve

tamamladıkları görev için takdir edildiklerinde. Bu alandaki bazı araştırmalar, iş tatmininin farklı yönlerinin Herzberg'in iki boyutuna göre ayrılabilceğini ortaya koymaktadır. Doğuştan gelen tatmin, çeşitlilik, özgür irade, beceri kullanımı, kendini gerçekleştirme ve kendini güçlendirme gibi iş görevlerini ve iş içeriğini ifade eder (Das, 2024: 30). Kariyer teorisine göre, genellikle 18 ila 35 yaş aralığında olan kişiler, kariyerlerinin erken aşamalarındadırlar. Bir yandan, Batı'da "Z kuşağı" olarak bilinen bu kişiler, çeşitlendirilmiş kariyer ideali, yüksek hareketlilik, zorlu işleri kabul etme isteği ve iş-yaşam dengesine dikkat etme gibi farklı özelliklere sahiptir. "Z kuşağı"nın bu özellikleri, mevcut yönetim modeline meydan okumaktadır. Bu nedenle, işletmelerin erken kariyer çalışanlarını tam olarak anlamaları ve kurumsal inovasyon ve yönetim inovasyonu yoluyla iş tatminlerini iyileştirmeleri önemli görülmektedir (Lee vd., 2017: 698). İçerik teorileri, birey iş tatmini oluşumunun kişisel açıdan hangi faktörlerin etkisiyle ortaya çıktığı ve ne tür bireysel etkenlerin birey iş tatminini etkilediği konularına değinmektedir. İçerik teorileri bireyin tatmin olması için temel gereksinimlerin neler olduğu, hangi tür dürtülerin bu noktada en güçlü olduğu sorularına yanıt aramaktadır. İçerik teorileri esas olarak bireyin kendisi ile ilgili olup onun iş tatminine etki ettiği düşünülen bireysel faktörlerin oluşum süreçleri ile ilgilidir. Locke'un (1976) deyişiyle, içerik teorileri birey iş tatminine etki eden kişisel faktörler üzerinde durmaktadır denilebilir. Koçel (2007) tarafından ifade edilen şekliyle ise, süreç teorileri başlığı altında toplanan motivasyon teorileri bireylerin hangi amaçlar tarafından ve ne şekilde motive edildikleri, bir başka deyişle belirli bir davranışı gösteren bireyin bu davranışı tekrarlaması ya da tekrarlaması nasıl sağlanabilir sorusuna cevap arar. Süreç teorilerine göre ihtiyaçlar bireyi davranışa sevk eden etmenlerden sadece birisidir. İçsel faktörlerin dışında birçok dışsal faktör de birey davranışı ve motivasyonunda etkili olmaktadır (Özpehlivan, 2018: 47).

**Tükenmişlik:** 1970'lerden beri sosyal bir sorun olan bir kişinin zihinsel ve fiziksel enerjisinin tükenmesi olarak tanımlanmıştır. İlk olarak Freudenberger ve Maslach tarafından incelenmiştir. Sağlık alanında çalışan Freudenberger, çevresindeki insanların duygusal tükenmişlik yaşadığını ve motivasyonlarının azaldığını gözlemlemiş ve bunu tükenmişlik olarak ifade etmiştir. Sosyal psikoloji alanında araştırmalar yapan Maslach, bireylerin iş hayatındaki duygularını harekete geçiren duyguları incelerken tükenmişliği keşfetmiştir. BS hissi, coşku, idealizm, enerji, bakış açısı ve hedef kaybı olarak düşünülebilir. Tükenmişlik yaşayan kişi sürekli stres, çaresizlik, umutsuzluk ve kapana kısılmışlık hisseder. Sonuç olarak fiziksel, duygusal ve zihinsel yorgunluk ortaya çıkar (Budak&Erdal, 2022: 3). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), iş kaynaklı stresin geleceğin patolojilerinden biri olduğu ve halihazırda yüksek bir temel orandan

giderek küresel olarak arttığı sonucuna varmıştır. Sadece Avrupa'da yaklaşık 40 milyon kişi bu sendromdan etkilenmektedir. Tükenmişlik Sendromu, ilk olarak 1970'lerde tanımlanan, genellikle psikolojik veya psikiyatrik rahatsızlık geçmişi olmayan kişilerde görülen bir grup iş kaynaklı semptom ve belirtidir. Bu durum fiziksel ve duygusal tükenmişliğe (yorgunluk), empati kaybına (kişisel tatmin eksikliği) ve yetersiz öz değerlendirme kapasitesine (kişisel tatmin eksikliği) yol açar. Duygusal tükenmişlik, kişinin diğer insanlarla temasından dolayı duygusal olarak bitkin hissetmesi anlamına gelir. Kişisizleşme, kişinin hizmet veya bakımının alıcılarına karşı aşırı derecede kopuk bir tepki göstermesi anlamına gelir. Düşük kişisel tatmin ise kişinin işteki yeterlilik ve hedef başarısına ilişkin öz güveninin azalması anlamına gelir (Weinborn vd., 2019: 91). Maslach ve arkadaşları (1986), tükenmişliği duygusal tükenme, duyarsızlaşma ve kişisel başarıda azalmadan oluşan üç bileşenli bir psikolojik sendrom olarak ifade etmişlerdir. Tükenmişlik, öncelikle bireyin duygusal kaynaklarını tüketmesi ve kişinin duygusal olarak tükenmesine yol açmasıyla ortaya çıkar. Duygusal olarak tükenmiş birey, çevresindeki insanlarla ilişkilerini kısıtlar ve psikolojik olarak insanlardan uzaklaşır. Bu şekilde duyarsızlaşma boyutu kendini gösterir. Son aşamada birey, önceki olumlu tutumları ile mevcut tutumları arasındaki farkı fark eder ve sonuç olarak mesafeli tutumlarının çalıştığı kuruma ve topluma katkısını sınırladığını düşünür. Böylece birey iş ve insan ilişkilerinde yetersizlik hisseder, kısacası işini yapmada ve müşterilerine hizmet sunmada kendini yetersiz görmeye başlar. Kişinin kendini olumsuz değerlendirme eğilimi, azalmış kişisel başarı boyutu içinde tanımlanır (Öztürk, 2020: 27). Tükenmişlik, fiziksel ve zihinsel enerji eksikliği (duygusal tükenmişlik), işe ilgi eksikliği (kişiselleşmeme) ve öz değersizlik (mesleki tatminde azalma) ile ifade edilen bir dizi yorgunluk belirtisiyle karakterizedir. Tükenmişliğin sonuçları hem bireyler hem de kuruluşlar için zararlıdır çünkü kişinin biyopsikososyal sağlığındaki bir bozulma, devamsızlığa, işte bulunmaya, iş tatminsizliğine ve erken emekliliğe yol açar (Vidotti vd., 2019: 368). Tükenme, çalışanların hizmet verdiği insanlara karşı ilgilerinin kaybolmasını içerir. Tükenmişlikte fiziksel tükenmişliğe duygusal tükenme eşlik eder. Duygusal tükenme, çalışanların ilgili oldukları insanlara uzun bir süre en ufak olumlu bir duygu, sempati ya da ilgi duymaması şeklinde ortaya çıkar. Böyle bir durumda bu kişilerde sıklıkla insanları çok alaycı ve insancıl olmayan bir tarzda algılama gelişir. Daha sonra onları küçük düşürecek şekilde hitap etme ve bu düşünceye göre yardım etme davranışları gelişir. Sonuç olarak verilen hizmet ya da gösterilen ilginin niteliğinde bir bozulma görülür. Öncü araştırmacılara göre tükenmişlik, yüksek motivasyonlu kişilerin coşkularını kayb ettikleri bir aşınma sürecinin sonucudur. Freudenberger, (1974) tükenmeyi, enerji, kaynaklar ve kişisel

güçle ilgili aşırı talepler neticesinde bitme olarak tanımlarken, Maslach (1978), bireyin bütün ilgisini ve birlikte çalıştığı bütün arkadaşlarına karşı duygusal hislerini kaybetmesi ve onlara karşı olumsuz davranışlar göstermesi şeklinde tanımlamıştır. Maslach'ın tanımı tükenmişlik ile ilgili olarak yapılan en geçerli iki tanımdan biridir. Bu tanımda bireyin işinde gittikçe artan kronik baskı ve stres sonucu kendisini fiziksel, duygusal ve zihinsel olarak zayıf, güçsüz ve hatta bitmiş hissetmesi olarak adlandırılabilir. Bu tanımda tükenme üç farklı alt boyutta ele alınmaktadır. Bunlar; duygusal tükenme, duyarsızlaşma ve düşük kişisel başarıdır (Tümek vd., 2009: 389).

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1.Materyal

Araştırmanın evrenini Kırşehir ilinde görev yapan kamu personeli oluşturmaktadır. Evreni temsil edebilecek kişi sayısı, veri toplama aracında yer alan soru sayısı ve Cochran (2007) tarafından önerilen örneklem hesaplama formülü dikkate alınarak yapılan hesaplamada 305 kişi iken, çalışmada 306 kişiye ulaşılmıştır. Ulaşılan kişi sayısı örnekleme temsil etmekte yeterlidir. Katılımcılara ait demografik bilgilere ilişkin dağılım Tablo-1'de yer almaktadır.

**Tablo 1. Demografik Bilgiler**

| Cinsiyet       | f          | %          | Medeni Durum  | f          | %          | Yöneticilik görevi | f          | %          |
|----------------|------------|------------|---------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|
| Kadın          | 114        | 37,3       | Evli          | 226        | 73,9       | Evet               | 88         | 28,8       |
| Erkek          | 192        | 62,7       | Bekar         | 80         | 26,1       | Hayır              | 218        | 71,2       |
| <b>Toplam</b>  | <b>306</b> | <b>100</b> | <b>Toplam</b> | <b>306</b> | <b>100</b> | <b>Toplam</b>      | <b>306</b> | <b>100</b> |
| Hizmet süresi  | f          | %          | Öğrenim       | f          | %          | Yaş                | f          | %          |
| 1-5 yıl        | 46         | 15,0       | İlköğretim    | 8          | 2,6        | 18-24              | 6          | 2,0        |
| 6-10 yıl       | 42         | 13,7       | Lise          | 40         | 13,1       | 25-29              | 20         | 6,5        |
| 11-15 yıl      | 98         | 32         | Ön lisans     | 30         | 9,8        | 30-34              | 24         | 7,8        |
| 16-20 yıl      | 60         | 19,6       | Lisans        | 122        | 39,9       | 35-39              | 60         | 19,6       |
| 21 yıl ve üstü | 60         | 19,6       | Yüksek lisans | 60         | 19,6       | 40 Yaş ve üzeri    | 196        | 64,1       |
| <b>Toplam</b>  | <b>306</b> | <b>100</b> | Doktora       | 46         | 15,0       | <b>Toplam</b>      | <b>306</b> | <b>100</b> |
|                |            |            | <b>Toplam</b> | <b>306</b> | <b>100</b> |                    |            |            |

Tablo-1'de yer alan veriler incelendiğinde; katılımcıların % 37,3'ü kadın (114 kişi), %62,7'si erkeklerden oluştuğu görülmektedir. Katılımcıların hizmet süreleri bazında dağılımları ise; %15 (46 kişi) ile 1-5 yıl arası çalışma süresi olanlar, % 13,7 (42 kişi) 6-10 yıl süre çalışması olanlar, %32 (98 kişi) ile 11-15 yıl çalışma süresi olanlar oluştururken son olarak da 16-20 yıl çalışma süresi olan ve 21 yıl üstü çalışması olanlar (%19,6'lık) 60'ar kişiden oluşmaktadır. Katılımcılardan evli olanlar %73,9 orana sahipken, bekar katılımcıların oranı %26,1 şeklinde gerçekleşmiştir. Katılımcıların öğrenim sürelerine bakıldığında ise en fazla katılımcı lisans

mezunları (% 39,9) 122 kişi şeklinde gerçekleşmiştir. Katılımcıların 40 yaş ve üzeri olanlar %64,1' ini (196 kişi) oluştururken, 35-39 yaş arası olanlar % 19,6'sını (60 kişi) oluşturmuştur.

## 2.2. Yöntem

### Skewness ve Kurtosis değerleri:

Shao (2002) ye göre doğrulayıcı faktör analizi için ölçeklerin normal dağılım göstermesi beklenmektedir. Normal dağılım için ise çarpıklık ve basıklık değerlerinin -3 ve +3 arasında yer alması gerekmektedir (Çavuşoğlu ve Durmaz, 2019: 309). Tablo-2' deki değerlerin bu aralıklarda olduğu görülmektedir.

**Tablo 2.** Normal Dağılım Ölçütleri

|            | <u>skewness</u> | <u>kurtosis</u> |            | <u>Skew.</u> | <u>Kurt.</u> |             | <u>Skew.</u> | <u>Kurt.</u> |
|------------|-----------------|-----------------|------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <u>KY1</u> | -,201           | -1,220          | <u>İT1</u> | -,678        | -,005        | <u>TK1</u>  | -,111        | ,371         |
| <u>KY2</u> | -,093           | -1,219          | <u>İT2</u> | -,743        | -,125        | <u>TK2</u>  | -,143        | ,150         |
| <u>KY3</u> | ,540            | -,796           | <u>İT3</u> | -,516        | -,606        | <u>TK3</u>  | ,104         | ,089         |
| <u>KY4</u> | 1,120           | ,816            | <u>İT4</u> | -,824        | ,029         | <u>TK4</u>  | ,290         | -,175        |
| <u>KY5</u> | ,379            | -1,055          | <u>İT5</u> | -,625        | -,299        | <u>TK5</u>  | ,435         | -,158        |
| <u>KY6</u> | 1,385           | 1,906           |            |              |              | <u>TK6</u>  | ,297         | ,218         |
| <u>KY7</u> | ,746            | ,061            |            |              |              | <u>TK7</u>  | ,425         | -,406        |
| <u>KY8</u> | ,634            | -,560           |            |              |              | <u>TK8</u>  | ,856         | ,504         |
| <u>KY9</u> | ,070            | -1,118          |            |              |              | <u>TK9</u>  | ,264         | -,278        |
|            |                 |                 |            |              |              | <u>TK10</u> | ,082         | -,356        |

## 2.3. Veri Toplama Araçları

### Karar yorgunluğu ölçeği:

Hickman ve diğerleri (2018) tarafından geliştirilen ölçeğin Türkçe'ye uyarlama çalışması Sarıakçalı ve Kırpık (2022) yılında gerçekleştirilmiştir. Türkçe'ye uyarlanarak DFA'sı yapılan “Karar Yorgunluğu Ölçeği” tek boyuttan oluşmaktadır. Hickman ve diğerleri (2018) tarafından geliştirilen 9 maddeli bu ölçek 5 li likert ölçeği şeklindedir.

### İş tatmini ölçeği:

Bu çalışma kapsamında Brayfield ve Rothe (1951) tarafından geliştirilen, Judge, Locke, Durham ve Kluger (1998) tarafından 5 maddelik kısa formu oluşturulan İş Tatmini Ölçeğinin kısa formu Türkçeye uyarlanması Keser ve Bilir (2019) tarafından yapılan ölçek kullanılmıştır. Ölçek 5 li likert ölçeği şeklindedir. Çalışmada kullanılan ölçekte yer alan ifadelerde 3. ve 5. ifadeler olumsuz ifade olduklarından ters kodlanarak analizlere dahil edilmiştir.

### Tükenmişlik ölçeği:

Tükenmişlik Ölçeği Kısa Versiyonu, 1 (Hiç) ile 7 (Daima) arasında yanıt seçenekleri olan 10 maddeden oluşmaktadır. Pines (2005) tarafından geliştirilen Tükenmişlik Ölçeği-Kısa Versiyonu'nun Türkçe'ye kazandırılması Tümkaya ve diğerleri (2009) yılında gerçekleştirilmiştir.

### 2.4. İstatistiksel Analizler

Çalışmamızda kullanılan ölçeklere ilişkin yapılan bazı hesaplamalara değinilecek olunursa; ilk ölçüm güvenilirlik katsayılarının ölçekler için sırasıyla belirlenmesi olmuştur. En çok kullanılan yöntem olarak literatürde karşımıza çıkan Cronbach alpha katsayısının 0,7 ve üzeri olması gerekmektedir (Eymen, 2007: 74). Karar yorgunluğu ölçeği Cronbach alpha değeri 0,800 (9 madde), iş tatmini ölçeği kısa formu için bu değer 0,850 (5 madde) ve son olarak da tükenmişlik ölçeği için Cronbach alpha değeri 0,924 (10 madde) olarak hesaplanmıştır. Söz konusu ölçekler için KMO değerleri sırasıyla belirtilecek olursa; Karar yorgunluğu ölçeği için elde edilen KMO değeri 0,804 (Approx: Chi Square=802,979/df=36/sig=,000), iş tatmini ölçeği için elde edilen KMO değeri 0,806 (Approx. Chi Square=727,301/df=10/sig=,000) ve son olarak da tükenmişlik ölçeği için elde edilen değer 0,896 (Approx. Chi. Square=2056,983/df=45/sig=,000) olarak bulunmuştur. KMO testi değişkenler arasındaki korelasyonu ve faktör analizinin uygunluğunu ölçen test olduğu için bu değerlere bakılmıştır. 0,8 ve üzerinde elde edilen değerlerin mükemmel olduğu söylenebilecektir (Büyüköztürk, 2002: 470).

Faktör analizlerine başlanmadan önce değişkenler arasındaki korelasyon değerlerine bakılmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonuçları aşağıdaki Tablo-3'te belirtilmektedir. Karar yorgunluğu ile iş tatmini arasında zayıf bir ilişki ( $r=-0,322$ ) bulgulanırken, karar yorgunluğu ve tükenmişlik arasında ( $r=0,444$ ) orta düzeyde ve son olarak da tükenmişlik ve iş tatmini arasında orta düzeyde ( $r=-0,452$ ) ilişki elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Korelasyon Katsayıları

|                         | <b>Tükenmişlik</b> | <b>Karar yorgunluğu</b> | <b>İş tatmini</b> |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| <b>Tükenmişlik</b>      | 1                  |                         |                   |
| <b>Karar yorgunluğu</b> | 0,444**            | 1                       |                   |
| <b>İş tatmini</b>       | -0,452**           | -0,322**                | 1                 |

### Doğrulamalı faktör analizi:

Doğrulamalı faktör analizi (DFA) ile önceden belirlenmiş ve araştırmada yer alan ölçeklerin yapılarının doğrulanması amaçlanmıştır. AMOS 21 programında varsayılan olarak yer alan Maximum Likelihood (ML) istatistiği ölçeklere ilişkin yapılan DFA analizinde kullanılmıştır. Üç ölçeğe de yapılan doğrulamalı faktör analizleri kapsamında elde edilen faktör yükleri Tablo-

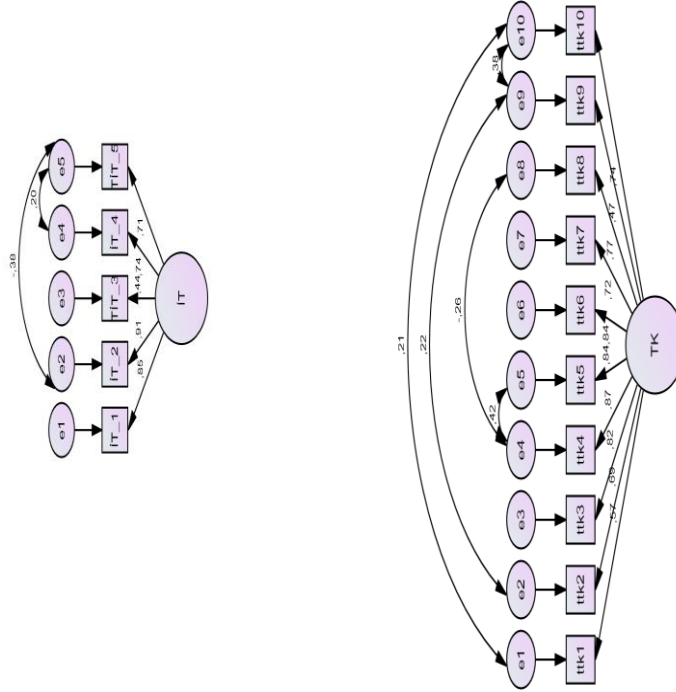
5'te ve uyum iyiliği değerleri Tablo-4'teki şekliyle sunulmuştur. Tablo incelendiğinde karar yorgunluğu için faktör yüklerinin (0,400-0,727) aralığında, iş tatmini ölçeği için (0,435-0,907) aralığında ve son olarak da tükenmişlik ölçeği için (0,472-0,868) aralığında olduğu tespit edilmiştir. Tablo-4'te yer alan uyum iyiliği değerlerinin de literatürde yer alan referans değerlerine yakın olduğu görülmektedir (CMIN/DF<5, RMSEA<0,10, CFI>0,90,GFI>0,85) (Karagöz, 2019, 1038). Doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanırken ölçeklere ilişkin uyum iyiliği değerlerini sağlayabilmek adına bazı kovaryanslar çizilmiştir. Örneğin iş tatmini ölçeğinde e2-e5 ve e4-e5 arasında, karar yorgunluğu ölçeğinde e1-e2 arasında son olarak belirtilecek olursa, tükenmişlik ölçeğinde ise e1-e10, e2-e9 gibi kovaryanslar eklenmiştir. Bu kovaryanslar oluşturulurken düzeltme indislerindeki değerler göz önünde bulundurulmuştur (Belirtilen DFA'lara ilişkin görseller Şekil-1 ve Şekil-2' de sunulmuştur).

**Tablo 4. Uyum İyiliği Değerleri**

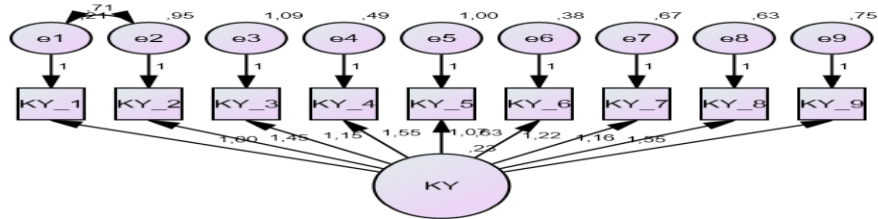
| Ölçekler         | CMIN/DF | GFI   | CFI   | RMSEA |
|------------------|---------|-------|-------|-------|
| Karar yorgunluğu | 3,979   | 0,923 | 0,900 | 0,099 |
| İş tatmini       | 2,747   | 0,989 | 0,993 | 0,076 |
| Tükenmişlik      | 4,041   | 0,926 | 0,955 | 0,100 |

**Tablo 5. Ölçeklere İlişkin Faktör Yükleri**

| Karar yorgunluğu | Stand. Tahmin | İş tatmini | Stand. Tahmin | Tükenmişlik | Stand. Tahmin |
|------------------|---------------|------------|---------------|-------------|---------------|
| Ky-1             | 0,400         | İt-1       | 0,853         | Tk-1        | 0,567         |
| Ky-2             | 0,582         | İt-2       | 0,907         | Tk-2        | 0,686         |
| Ky-3             | 0,467         | İt-3       | 0,435         | Tk-3        | 0,818         |
| Ky-4             | 0,727         | İt-4       | 0,741         | Tk-4        | 0,868         |
| Ky-5             | 0,458         | İt-5       | 0,708         | Tk-5        | 0,839         |
| Ky-6             | 0,437         |            |               | Tk-6        | 0,838         |
| Ky-7             | 0,581         |            |               | Tk-7        | 0,719         |
| Ky-8             | 0,575         |            |               | Tk-8        | 0,772         |
| Ky-9             | 0,651         |            |               | Tk-9        | 0,472         |
|                  |               |            |               | Tk-10       | 0,738         |

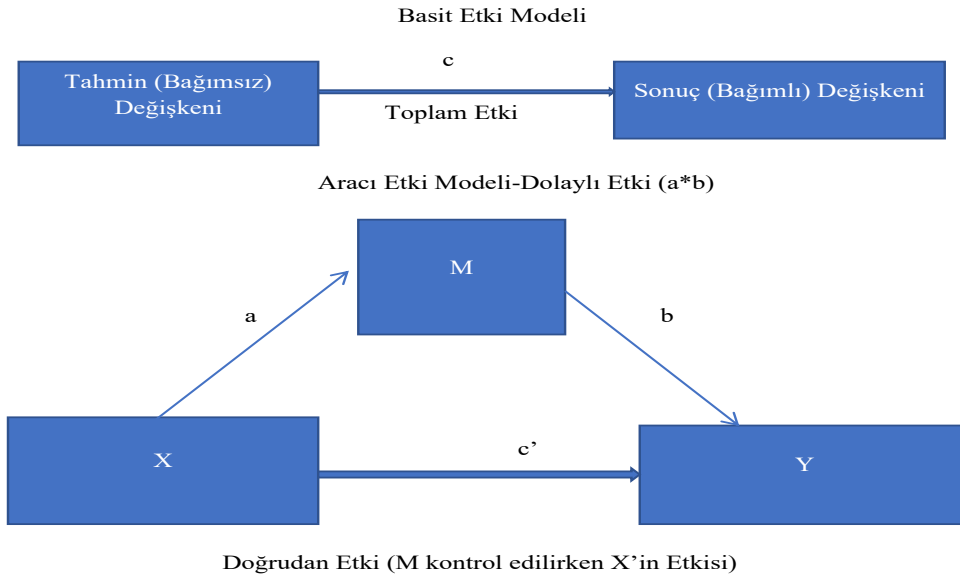


Şekil 1. İş tatmini ve Tükenmişlik Ölçeği Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) Sonuçları



Şekil 2. Karar Yorgunluğu Ölçeği Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) Sonuçları

### Araştırma hipotezlerinin test edilmesi:



**Şekil 3.** Araştırma Modeli

Baron ve Kenny'e (1986) göre aracılık modeli olduğu belirtilen bir model sırasıyla ve birbiri ardına dört adımda yer alan koşulları sağlıyor ise aracı değişken olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntem geleneksel yaklaşım olarak da bilinmekte ve bu yaklaşıma göre Şekil-3'te verilen aracı etki modelinde aracılık etkisi istatistiksel olarak aşağıda sıralanan adımlar takip edilerek kontrol edilmektedir. 1.) X, Y'yi anlamlı olarak yordamalıdır (c yolu). 2.) X, M'yi anlamlı olarak yordamalıdır (a yolu). 3.) X ile M birlikte regresyon analizine dâhil edildiğinde M, Y'yi anlamlı olarak yordamalıdır (b yolu). Bu durumda, X ile Y arasında (c' yolu) anlamlı olmayan ilişki çıkarsa (c' anlamlı çıkmaz ise) tam aracılık (full mediation) etkisi, X ile Y arasındaki ilişkide azalma meydana geldiği durumda ( $c' < c$ , ancak c' anlamlı) kısmi aracılık (partial mediation) etkisi olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Gürbüz ve Bayık, 2021, s. 4). Araştırmada bu yöntemden yola çıkılarak hipotezler oluşturulmuştur.

**H1:** Karar yorgunluğu ile iş tatmini arasında anlamlı ilişki vardır.

**H2:** Karar yorgunluğu ile tükenmişlik arasında anlamlı ilişki vardır.

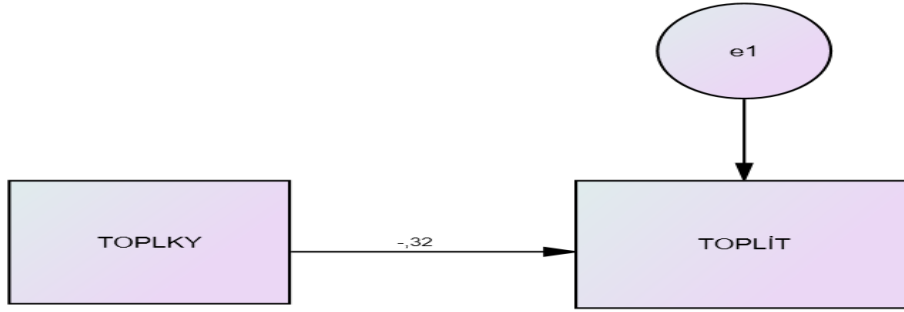
**H3:** Tükenmişlik ile iş tatmini arasında anlamlı ilişki vardır.

**H4:** Karar yorgunluğu ile iş tatmini arasındaki ilişkide tükenmişlik aracı etkiye sahiptir.

### Karar yorgunluğu ve iş tatmini arasındaki ilişki:

Hipotez 1 in yordanması amacıyla yapılan analizde karar yorgunluğu ve iş tatmini arasında negatif yönde ve anlamlı ilişki bulgulanmıştır, elde edilen  $p < 0,01$  anlamlılık seviyesinde

standardize Beta=-0,322 olarak bulunmuştur. Bu sonuçla H1 hipotezi kabul edilmiştir (Bkz. Şekil-4).



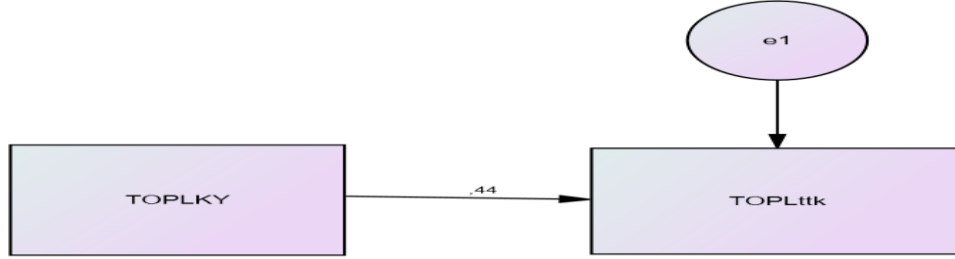
**Şekil 4.** Karar Yorgunluğu (KY) ve İş Tatmini (İT) Arasındaki Yol Analizi

**Tablo 6.** Standardize Olmayan Katsayılar (KY-İT)

|                       | Estimate | S.E. | C.R.   | P   | Label |
|-----------------------|----------|------|--------|-----|-------|
| İş Tat. <--- Karar Y. | -,228    | ,038 | -5,944 | *** |       |

#### **Karar yorgunluğu tükenmişlik ilişkisi:**

Araştırmanın ikinci hipotezi için yapılan analizde ise karar yorgunluğu ve tükenmişlik arasında  $p < 0,01$  seviyesinde pozitif yönde ve anlamlı ilişki tespit edilerek standardize Beta=0,444 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçla araştırmanın H2 hipotezi de kabul edilmiştir (Bkz. Şekil-5).



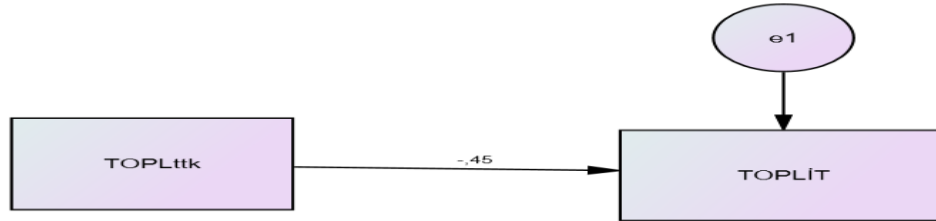
**Şekil 5.** Karar Yorgunluğu (KY) ve Tükenmişlik Arasındaki Yol Analizi

**Tablo 7.** Standardize Olmayan Katsayılar (KY-TK)

|                    | Estimate | S.E. | C.R.  | P   | Label |
|--------------------|----------|------|-------|-----|-------|
| Tük. <--- Karar Y. | ,814     | ,094 | 8,665 | *** |       |

#### **Tükenmişlik iş tatmini ilişkisi:**

Tükenmişlik iş tatmini ilişkisini yordamaya yönelik olarak yapılan analizde negatif yönde ve elde edilen  $p < 0,01$  anlamlılık seviyesinde standardize Beta=-0,452 olarak elde edilmiş ve araştırmanın üçüncü hipotezi olan H3 kabul edilmiştir (Bkz. Şekil-6).



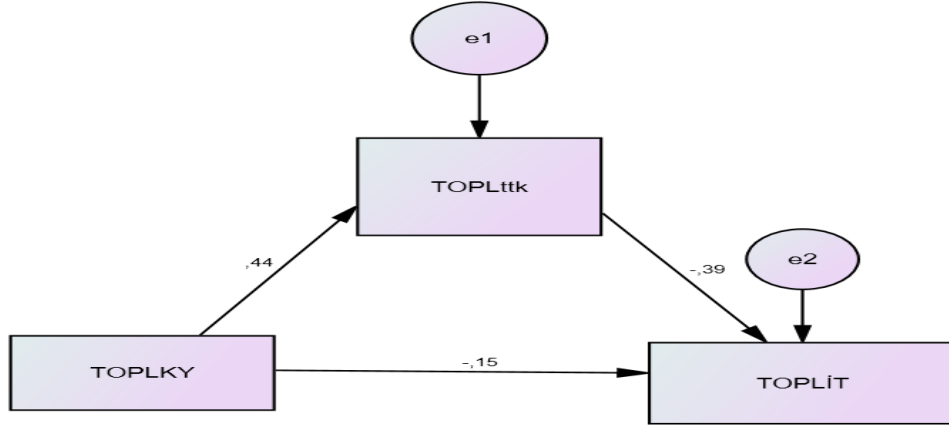
**Şekil 6.** Tükenmişlik (TK) ve İş Tatmini (İT) Arasındaki Yol Analizi

**Tablo 8.** Standardize Olmayan Katsayılar (TK-İT)

|                   | Estimate | S.E. | C.R.   | P   | Label |
|-------------------|----------|------|--------|-----|-------|
| İş Tat. <--- Tük. | -,175    | ,020 | -8,855 | *** |       |

**Karar yorgunluğu ile iş tatmini ilişkisinde tükenmişliğin aracı rolü (aracı etki analizi):**

Aracı etkinin varlığı hakkında yapılan analizde ise karar yorgunluğu ve iş tatmini arasındaki ilişkinin varlığına etkisinin ölçülebilmesi amacıyla modele tükenmişlik eklenerek anlamlılık seviyesinde değişme olup olmadığı ve beta katsayısındaki değişimi saptamak amaçlanmıştır. Karar yorgunluğu ve iş tatmini ilişkisinde elde edilen anlamlılık  $p < 0,01$  modele tükenmişliğin eklenmesiyle devam etmesine rağmen, standardize Beta katsayısı -0,322 den -0,15 e gerilemektedir. Bu da bize “kısmi aracılık” etkisini göstermektedir. Bu sonuçla araştırmanın H4 hipotezi de kabul edilmiştir (Bkz. Şekil-7).



Şekil 7. Aracı Etki Yol Analizi

Tablo 9. Standardize Olmayan Katsayılar (Aracı Etki Modeli)

|         |      |          | Estimate | S.E. | C.R.   | P    | Label |
|---------|------|----------|----------|------|--------|------|-------|
| Tük.    | <--- | Karar Y. | ,814     | ,094 | 8,665  | ***  |       |
| İş Tat. | <--- | Tük.     | -,149    | ,022 | -6,834 | ***  |       |
| İş Tat. | <--- | Karar Y. | -,107    | ,040 | -2,680 | ,007 |       |

Aracı etki analizinde son olarak aracılık analizi ile elde edilen kısmi etkiyi doğrulamak amacıyla Sobel testi de uygulanmıştır. Değerler incelendiğinde p değeri anlamlı bulunmuştur ve sobel testi neticesinde de kısmi aracılık etkisi doğrulanmıştır (Bkz. Tablo-10).

Tablo 10. Sobel Testi Sonucu

|             | Test statistic | Std. Error | p-value    |
|-------------|----------------|------------|------------|
| Sobel test: | -4.52573886    | 0.03791646 | 0.00000602 |

### 3.SONUÇ:

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, karar yorgunluğunun iş tatmini ile negatif bir ilişki içinde olması beklenen bir durum gibi gözükmemektedir, çünkü bu iki kavramın birbirini etkileyebileceği bir diğer ifadeyle karar yorgunluğu artan bireyin iş tatmininin düşebileceği varsayılabilir. Özellikle karmaşık işlerde çalışan bireylerin karar yorgunluklarının işlerine de yansıtacağı bir gerçektir.

Çalışmada elde edilen bir diğer sonuç olan karar yorgunluğu ve tükenmişlik ilişkisi de üzerinde düşünölmeye değer bir diğer durumdur, çalışmadaki bulguya göre iki kavram pozitif ilişkiye sahiptir, bu da karar yorgunluğunun ortaya çıkabileceği işlerde çalışan bireylerin daha fazla tükenmişlik durumu ile karşı karşıya kalabileceği anlamına gelmektedir.

Çalışmada en güçlü ilişki iş tatmini ve tükenmişlik arasında bulgularan negatif durumdur. Tükenmişlik durumunda bireyin işine olan katkısının azalacağı göz önünde bulundurulduğunda, yöneticiler ve organizasyonlar için bu ilişkinin varlığının göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Çalışmanın asıl amacını oluşturan aracı etki kapsamında ise, iş tatmini ve karar yorgunluğu arasındaki negatif ilişki aracı değişken olarak tükenmişlik kavramının da eklenmesiyle etkisi artmaktadır, yani bu da çalışanları psikolojik olarak olumsuz etkileyebilecek, organizasyonlar açısından da olumsuz sonuçlara sebebiyet verebilecektir.

**Tablo 11. Hipotez Sonuçları**

| Hipotez                                                                                    | Kabul/Red |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| H1: Karar yorgunluğu ile iş tatmini arasında anlamlı ilişki vardır.                        | Kabul     |
| H2: Karar yorgunluğu ile tükenmişlik arasında anlamlı ilişki vardır.                       | Kabul     |
| H3: Tükenmişlik ile iş tatmini arasında anlamlı ilişki vardır.                             | Kabul     |
| H4: Karar yorgunluğu ile iş tatmini arasındaki ilişkide tükenmişlik aracı etkiye sahiptir. | Kabul     |

### 3.1. Tartışma ve Öneriler:

Farklı örneklem gruplarında çalışmanın yapılması özellikle özel sektörde tekrar edilebilecek olması önemli görölmektedir, ayrıca farklı çalışmalarla tam aracı etkinin de saptanabilecek olması önemli görölmektedir. Günümüzde organizasyonların en önemli parçası olarak gördükleri çalışanlarının bu belirtilen psikoloji temelli kavramlarla günümüz çalışma koşullarında karşılaşabilecekleri gerçeği mevcutken, bu olumsuz süreçlerin de çalışan, yönetici,

organizasyon ve toplum yaşamı içinde etkileri göz ardı edilmemelidir. Özellikle karar yorgunluğu ve tükenmişlik kavramları ile ilgili daha çok çalışmaya yer verilmeli ve bu kavramların diğer organizasyon kavramlarıyla ilişkileri incelenmelidir.

#### KAYNAKÇA:

- Amoopour, M., Hemmatpour, M., Mirtaslimi, S., S. (2014). Job satisfaction of employee and customer satisfaction. *Arabian Journal of Business and Management Review*, 3 (6), 1-6.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Brayfield, A. H ve Rothe, H. F. (1951). An Index of Job Satisfaction. *Journal of Applied Psychology*, 35(5), 307.
- Budak, O., Erdal, N. (2022). The mediating role of burnout syndrome in toxic leadership and job satisfaction in organizations. *South East European Journal of Economics and Business*, 17 (2), 1-17. DOI: 10.2478/jeb-2022-0011.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32(32), 470-483.
- Çavuşoğlu, S., Durmaz, Y. (2019). Yeşil davranışlara karşı tutumun ziyaret niyetine etkisinde yeşil imajın düzenleyicilik rolü: Yeşil oteller örneği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29 (2), 303-315.
- Das, B. L. (2024). Job Satisfaction and its Importance: A Review of Literature. *Journal of Research in Business and Management*, 12(3), 29-37.
- Eymen, U. E. (2007). *SPSS 15.0 ile veri analizi*. İstatistik Merkezi. 74-80.
- Franek, M., Vecera, J. (2008). Personal characteristics and job satisfaction. *Ekonomika a Management*, 4, 63-76.
- Gazi, A. I., Yusof, M. F., Islam, A., Amin, M. B., Senathirajah, A. R. (2024). Analyzing the impact of employee job satisfaction on their job behavior in the industrial setting: An analysis from the perspective of job performance. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10, 1-16.
- Gürbüz, S., Bayık, M. E. (2021). Aracılık modellerinin analizinde yeni yaklaşım: Baron ve Kenny'nin yöntemi hala geçerli mi? *Türk Psikoloji Dergisi*, 37 (88), 1-14.
- Hickman, R. L., Pignatiello G. A., & Tahir S. (2018), Evaluation of The Decisional Fatigue Scale among Surrogate Decision Makers of the Critically Ill, *Western Journal of Nursing Research*, 40(2), s.191-208.
- Hirshleifer, D., Levi, Y., Lourie, B., Teoh, S. H. (2019). Decision fatigue and heuristic analyst forecasts. *Journal of Financial Economics*, 133, 83-98.
- Judge, T. A., Locke, E. A., Durham, C. C ve Kluger, A. N. (1998). Dispositional Effects on Job and Life satisfaction: The Role of Core Evaluations. *Journal of Applied Psychology*, 83(1), 17.
- Karagöz, Y. (2019). *Spss Amos Meta Uygulamalı İstatistiksel Analizler*. Nobel Yayınları. Ankara.
- Keser, A., Bilir, B. E. (2019). İş tatmini ölçeğinin Türkçe güvenilirlik ve geçerlilik çalışması. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(3), 229-239.
- Lee, X., Yang, B., Li, W. (2017). The influence factors of job satisfaction and its relationship with turnover intention: Taking early-career employees as an example. *Anales de Psicologia*, 33 (3), 697-707.
- Mona Maier, Daniel Powell, Peter Murchie & Julia L. Allan (2025). Systematic review of the effects of decision fatigue in healthcare professionals on medical decision-making. *Health Psychology Review*, DOI: 10.1080/17437199.2025.2513916
- Oto, B. (2012), When Thinking is Hard: Managing Decision Fatigue, *EMS World*, 41(5), s.46–50
- Ozturk, Y. E. (2020). A theoretical review of burnout syndrome and perspectives on burnout models. *Bussecon Review of Social Sciences*, 2 (4), 26-35.
- Özpehlivan, M. (2018). İş tatmini: Kavramsal gelişimi, bireysel ve örgütsel etkileri, yararları ve sonuçları. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2 (2), 43-70.

- Pignatiello, G. A., Martin, R. J., & Hickman R. L. (2020). Decision Fatigue: A Conceptual Analysis, *Journal of Health Psychology*, 25(1), s.123–135.
- Pines, A. M. (2005). The burnout measure short version (BMS). *International Journal of Stress Management*, 12(1), 78-88.
- Polman, E. & Vohs K. D. (2016), Decision fatigue, choosing for others, and self-construal, *Social Psychological and Personality Science*, 7(5), s.471-478.
- Sariakçalı, N., Kırpık, G. (2022). Hickman’ın Karar Yorgunluğu Ölçeği’nin Türkçe’ye Uyarlanması ve Covid-19 Sürecinde Bir Araştırma. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(3), 1171–1185. doi: 10.11616/asbi.1146908
- Şahin, S. ve Şad, B. (2018). Otel çalışanlarının tükenmişlik düzeyinin yaşam doyumuna etkisi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 15(2), 461-480.
- Tekin, İ. Ç. ve Akgemci, T. (2017). Tükenmişliğin iş tatmini üzerinde etkisinin araştırılması: Konya ili tekstil sektöründe bir araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(4), 400-418.
- Tümekaya, S., Çam, S., Çavuşoğlu, İ. (2009). Tükenmişlik ölçeği kısa versiyonu’nun Türkçe’ye uyarlama, geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18 (1), 387-398.
- Vidotti, V., Martins, J. T., Galdino, M. J. Q., Ribeiro, R. P., Robazzi, M. L. (2019). Burnout syndrome, occupational stress and quality of life among nursing workers. *Enfermeria Global*, 55, 366-376.
- Weinborn, R. M., Bruno, B. J., Calventus, J., Sepulveda, G. A. (2019). Burnout syndrome prevalence in veterinarians working in Chile. *Austral J Vet Sci*, 51,91-99.

## SECTORAL SYSTEMATIC RISK AND BETA INSTABILITY IN BORSA ISTANBUL: EVIDENCE FROM CAPM UNDER COVID-19 CONDITIONS

**Dr. Metin İLBASMIŞ**

Aksaray University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Aksaray, Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0001-9657-4604

### ABSTRACT

This study examines the systematic risk levels of sector indices traded on Borsa Istanbul. The analysis is based on daily data covering the period from 2015 to 2024. The Capital Asset Pricing Model (CAPM) is used as the main analytical framework. Three variants of the model are employed: static CAPM, rolling beta estimations, and conditional CAPM with interaction terms. The static CAPM results indicate strong correlations between sector indices and the BIST 100 market index. Beta coefficients are statistically significant across all sectors. However, these relationships are not stable over time. Rolling beta estimations show that sector-level exposure to market risk fluctuates, particularly during periods of crisis. This undermines the constant beta assumption of the standard CAPM framework. To capture the effects of the COVID-19 pandemic, a conditional CAPM model is estimated using an interaction term for the pandemic period. The results show statistically significant shifts in beta values for multiple sectors during the pandemic. Systematic risk shifts were observed across multiple sectors during the COVID-19 period, rather than being concentrated in a specific industry. Structural stability is further tested using CUSUM procedures. The results confirm that the linear CAPM relationship breaks down during the pandemic period in several sectors. Overall, the findings suggest that static, single-period models like CAPM are inadequate under extraordinary market conditions. Sector-based risk analysis during crisis periods requires dynamic modeling approaches that allow for time-varying sensitivities to market risk.

**Keywords:** CAPM, sector indices, Borsa Istanbul, COVID-19, structural breaks.

### 1. INTRODUCTION

The Capital Asset Pricing Model (CAPM) is one of the foundational models of modern finance theory. It assumes that investors consider only systematic risk, which can be captured by a single factor: market return (Sharpe, 1964; Lintner, 1965; Mossin, 1966). CAPM posits a linear relationship between risk and expected return. This relationship is expressed through the beta coefficient. Beta measures an asset's sensitivity to market movements.

However, the assumptions of this model have faced criticism over time. In particular, the assumption of a constant beta often contradicts empirical findings (Black, Jensen, & Scholes, 1972; Fama & French, 1992). Many studies show that beta varies over time (Groenewold &

Fraser, 1999; Liston, 2017). Furthermore, this variation becomes more pronounced during crisis periods (Ben Dor et al., 2021; Szczepocki et al., 2025).

Conditional versions of the CAPM model were developed to address the problem of constant beta. These models allow beta to change over time with economic conditions (Fama & French, 2004; Fan & Sheng, 2020). This approach tends to yield more consistent results during extraordinary periods, such as financial crises.

Studies on Turkish capital markets also show the limits of CAPM. For example, Celik (2013) finds that sector betas are not stable. Karakoc (2016), Bilgin and Basti (2014), and Yalçın and Erşahin (2014) also question the validity of the constant beta assumption. In addition, Yayvak et al. (2015) and Er and Kaya (2012) find that beta exhibits temporal fluctuations in Turkish markets and support the explanatory power of conditional models.

This study examines the time-varying behavior of systematic risk in sector indices traded on Borsa Istanbul. The main motivation is that unexpected macroeconomic shocks such as COVID-19 provide an opportunity to test the assumptions of traditional financial models. One of the most contested assumptions of the CAPM is the constancy of systematic risk over time. However, previous studies show that beta coefficients fluctuate during crisis periods (Szczepocki et al., 2025). In the Turkish context, there is a lack of recent and comprehensive analyses on this issue. The aim of this study is to investigate how the pandemic has affected sector-level systematic risk. This approach seeks to fill a gap in the literature and reassess the empirical validity of the CAPM under crisis conditions in the Turkish capital market. In this respect, the study contributes to the empirical evaluation of the CAPM in Turkey.

## **2. LITERATURE REVIEW**

One of the core models used to measure systematic risk in modern finance theory is the Capital Asset Pricing Model (CAPM). The model was independently developed by Sharpe (1964), Lintner (1965), and Mossin (1966), based on Markowitz's (1952) portfolio theory. Among these, Sharpe's version has become the most widely cited and accepted. The model assumes that expected return is determined solely by systematic risk, measured through the beta coefficient.

CAPM has been tested empirically, but its assumption of a constant beta over time has been widely challenged. Black, Jensen, and Scholes (1972) criticized the model's limitations and introduced the zero-beta CAPM. Fama and French (1992) showed that expected returns cannot be explained by beta alone, highlighting the role of other variables such as firm size and book-to-market ratios.

A key assumption of the CAPM is the time-invariance of systematic risk. However, many studies have questioned this claim. Beta coefficients have been shown to vary across time and sectors (Liston, 2017; Zhang, Gong, & Xue, 2023). In the Turkish context, Celik (2013) found that sector-level betas were unstable during the 2005–2009 period. Similarly, Karakoç (2016) argued that the constant beta assumption lacks explanatory power for Borsa Istanbul. Yalçın and Ersşahin (2014) suggested that conditional models can produce stronger empirical results. Time-sensitive versions of CAPM have gained importance in response to the limitations of the static model. Rolling beta methods are effective tools for capturing how systematic risk evolves over time. This approach is particularly relevant during crisis periods. Haroon, Ali, Khan, Khattak, and Rizvi (2021) examined time-varying systematic risk during COVID-19 and found that while both Islamic and conventional sectoral indices showed increased beta dynamics, Islamic equities exhibited lower and less volatile betas, indicating more stable reactions to market shocks as the pandemic evolved. Groenewold and Fraser (1999) identified strong temporal variation in beta coefficients using Australian data. Mikołajek-Gocejna (2021) found that betas are not stationary in emerging markets and vary over time.

During periods of crisis, the static structure of CAPM becomes increasingly questionable. Szczepocki, Marcinkiewicz, and Kowalewska (2025) documented structural breaks in beta values in European markets during COVID-19. Tsuji (2022) showed that such breaks played a significant role in volatility measures for banking stocks. In these conditions, the constant beta assumption proves inadequate.

As a result, conditional versions of CAPM have been developed. These models allow beta to vary over time in response to external variables. Fama and French (2004) argued that conditional betas provide better explanations for market anomalies. During the COVID-19 period, conditional CAPM was applied to assess changes in sectoral market sensitivities (Fan & Sheng, 2020; Dadakas et al., 2016). In the Turkish context, Karatepe, Karaaslan, and Gökgöz (2002) demonstrated that conditional CAPM produced more meaningful results in Borsa Istanbul. Yayvak, Akdeniz, and Altay-Salih (2015) found that beta values change according to macroeconomic conditions.

As a further procedure to identify periods in which the constant beta assumption is violated, structural break tests such as CUSUM are widely used. Chen, Khamthong, and Lee (2017) showed that structural shifts in heteroskedastic regression models significantly affect CAPM parameters. Aue et al. (2012) successfully applied CUSUM-type procedures in a functional CAPM model to capture time variation in beta coefficients. In the Turkish context, Er and Kaya

(2012) examined the relationship between accounting betas and classical betas, finding limitations in the assumptions of the CAPM model.

Jianbao and Jingjie (2009) showed that beta coefficients fluctuate both over time and across sectors in the Shenzhen Stock Exchange. Caporale (2012) identified three major structural breaks in the banking sector. Drakos (2004) demonstrated a structural increase in systematic risk for airline stocks after the 9/11 attacks.

Global market linkages indicate that systematic risk is shaped not only by domestic but also international dynamics. Zhao and Park (2024) found bidirectional risk spillovers between Chinese and Asian markets. This suggests that localized models may be insufficient in capturing risk under interconnected market conditions. These findings emphasize the need for flexible and dynamic models, particularly during crisis periods.

The existing literature shows that the constant beta assumption of the CAPM weakens during financial turmoil and highlights the necessity of time-varying and conditional models. However, in the case of Turkey, comprehensive empirical studies on sectoral systematic risk dynamics remain limited. The effects of major shocks such as COVID-19 on sectoral risk have not been sufficiently documented. This study addresses that gap. Using a combination of static, time-varying, and conditional beta estimations, it provides an in-depth analysis of sector-level systematic risk dynamics and structural breaks during the pandemic. This approach contributes to the literature by combining methodological diversity with updated empirical evidence from the Turkish market.

### **3. DATA AND METHODOLOGY**

This study analyzes the level and temporal stability of systematic risk in sector indices traded on Borsa Istanbul. The dataset covers daily price data from January 2, 2015, to March 1, 2024. Data were obtained from the Borsa Istanbul Datastore. All variables are calculated as logarithmic returns and expressed in percentages.

The dependent variables are sector-level stock index returns. The BIST 100 (XU100) index, representing the Turkish equity market, is used as the market portfolio. To examine systematic risk at the sectoral level, the following indices are included: industrials (XUSIN), services (XUHIZ), financials (XUMAL), banking (XBANK), holding companies (XHOLD), chemicals-oil-plastics (XKMYA), metal-machinery (XMESY), transportation (XULAS), and trade (XTCRT). These indices are selected based on their representativeness of sectoral diversity and sufficient trading volume on Borsa Istanbul.

Table 1 reports the descriptive statistics. Each series contains 2,508 observations. Although sector return means are relatively close, standard deviations and dispersion measures reveal notable differences in volatility. Banking, transportation, and metal-machinery sectors exhibit particularly high volatility. All series show negative skewness and high kurtosis, indicating non-normal return distributions with frequent outliers. Jarque-Bera (JB  $X^2$ ) test results confirm these deviations statistically. However, non-normality in financial time series is a well-documented feature in the literature and does not necessarily undermine model estimation. Parametric models such as CAPM remain relatively robust to such distributional departures.

**Table 1.** Descriptive Statistics

| Sector | Mean   | Std. Dev. | Min     | Max    | Skewness | Kurtosis | JB $X^2$  | p-value |
|--------|--------|-----------|---------|--------|----------|----------|-----------|---------|
| XU100  | 0.0011 | 0.0158    | -0.1031 | 0.0942 | -0.6234  | 4.9443   | 2723.8701 | 0.0000  |
| XUSIN  | 0.0013 | 0.0151    | -0.1015 | 0.0923 | -0.7599  | 5.2636   | 3144.1057 | 0.0000  |
| XUHZ   | 0.0012 | 0.0147    | -0.1006 | 0.0898 | -0.6951  | 5.2487   | 3088.2352 | 0.0000  |
| XUMAL  | 0.0010 | 0.0178    | -0.1031 | 0.0903 | -0.4433  | 3.7124   | 1526.6182 | 0.0000  |
| XBANK  | 0.0010 | 0.0233    | -0.1042 | 0.1042 | -0.0456  | 3.0225   | 958.5609  | 0.0000  |
| XHOLD  | 0.0011 | 0.0166    | -0.1041 | 0.0926 | -0.6094  | 4.4712   | 2250.1623 | 0.0000  |
| XKMYA  | 0.0014 | 0.0173    | -0.1001 | 0.0944 | -0.4266  | 3.9337   | 1697.7638 | 0.0000  |
| XMESY  | 0.0013 | 0.0172    | -0.1017 | 0.0928 | -0.5952  | 4.0864   | 1898.1043 | 0.0000  |
| XULAS  | 0.0014 | 0.0238    | -0.1284 | 0.1023 | -0.1010  | 2.7111   | 774.9413  | 0.0000  |
| XTCRT  | 0.0012 | 0.0166    | -0.1052 | 0.0938 | -0.2766  | 3.9197   | 1642.0730 | 0.0000  |

The methodological approach is based on a three-stage analytical framework. First, the classical CAPM model, which assumes a constant beta, is applied. In this stage, OLS regressions are estimated for each sector index against the market index. The basic form of the model is as follows:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Here,  $R_{it}$  represents the daily return of sector  $i$ ,  $R_{mt}$  denotes the daily return of the market index, and  $\beta_i$  is the systematic risk coefficient of the sector. The estimation results are presented in Table 3. Findings show that beta coefficients are statistically significant across all sectors, indicating that sector returns are strongly associated with market movements.

In the second stage, the assumption of a constant beta in the CAPM framework is tested. To this end, time-varying beta estimates are calculated using 60-day rolling windows. This method allows for examining how each sector's sensitivity to market risk evolves over time.

In the third stage, a conditional CAPM model is estimated to analyze changes in systematic risk during abnormal periods. The model incorporates an interaction term between market returns and a dummy variable representing the COVID-19 period. The model takes the following form:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \gamma_i (D_{Covid} R_{mt}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Here,  $D_{Covid}$  is a dummy variable representing the period between March 11, 2020, and December 31, 2021. The interaction coefficient ( $\gamma_i$ ) reflects the change in the level of systematic risk for each sector during the COVID-19 period. Finally, the presence of potential structural breaks in beta coefficients is examined using the Cumulative Sum (CUSUM) test, a widely used diagnostic tool for detecting structural changes in time series models, applied separately for each sector. The test calculates the cumulative sum of standardized residuals from the estimated regression. These values are then compared against critical bounds derived under the assumption of parameter stability. If the cumulative sum stays within the bounds, the parameters are considered stable. If the sum crosses the bounds, this signals a structural break. In this study, the test is applied to determine whether beta coefficients changed significantly during the COVID-19 period. This helps assess the validity of the constant beta assumption in the CAPM framework.

#### 4. EMPIRICAL FINDINGS

This section analyzes the behavior of beta coefficients estimated under the CAPM framework over time. The objective is to identify changes in sector indices' sensitivity to systematic risk. First, static beta estimates are evaluated. Then, dynamic betas obtained using 60-day rolling windows are examined. Fluctuations in beta values, especially during high-uncertainty periods such as the COVID-19 pandemic, call into question the validity of CAPM's constant beta assumption. Findings indicate substantial differences across sectors, which become more pronounced during crisis periods. Table 2 summarizes sector-specific alpha, beta, and  $R^2$  values estimated using the static CAPM model.

**Table 2.** Statik CAPM Estimates

| Kod   | Alpha   | Beta     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|----------|----------------|
| XUSIN | 0.0003  | 0.887*** | 0.860          |
| XUHIZ | 0.0003  | 0.844*** | 0.819          |
| XUMAL | -0.0002 | 1.066*** | 0.896          |
| XBANK | -0.0003 | 1.211*** | 0.673          |
| XHOLD | 0.0005  | 0.981*** | 0.866          |
| XKMYA | 0.0004  | 0.878*** | 0.640          |
| XMESY | 0.0004  | 0.902*** | 0.687          |
| XULAS | 0.0002  | 1.133*** | 0.564          |
| XTCRT | 0.0005  | 0.717*** | 0.464          |

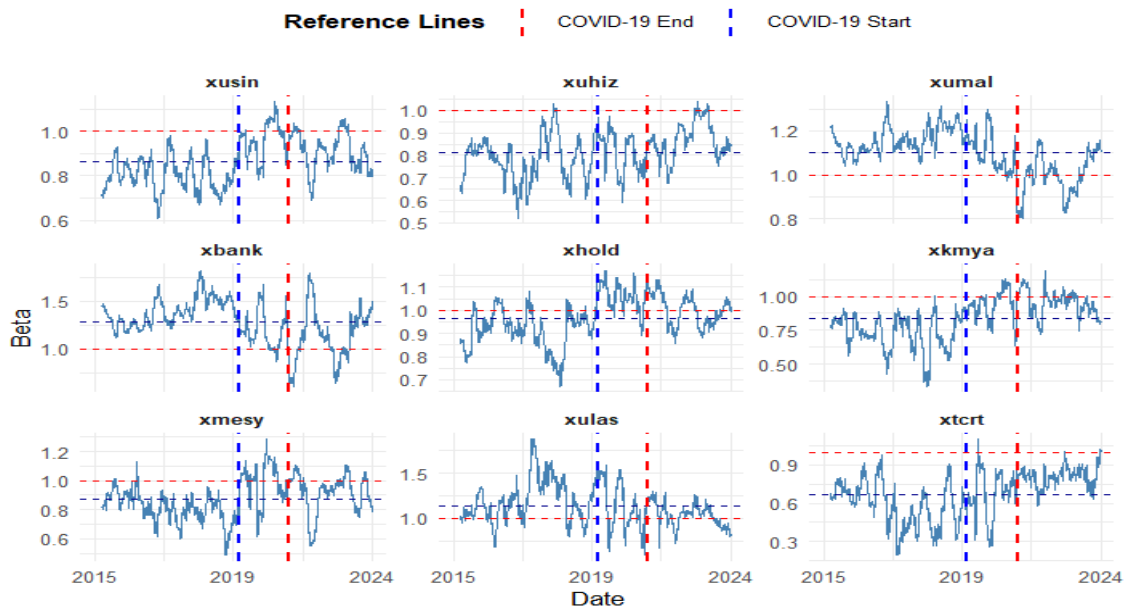


**Figure 1.** 60-day Rolling Betas

Beta coefficients reported in the table are statistically significant and positive for all sectors, supporting the basic assumption of the CAPM. Sectors such as industrials (xusin), services (xuhiz), and chemicals (xkmya) have beta values below 1, suggesting lower volatility compared to the market. In contrast, sectors such as financials (xumal), banking (xbank), and transportation (xulas) show beta values above 1, indicating higher sensitivity to market movements. A beta below 1 implies lower systematic risk, while a value above 1 indicates higher exposure relative to the market.

The highest beta value belongs to the banking sector (1.211), indicating elevated systematic risk. The explanatory power ( $R^2$ ) is high in the industrial (0.86) and holding (0.87) sectors but low in sectors such as trade (xtcrt) and transportation (xulas). This suggests that the market index may be insufficient in explaining returns for certain sectors. Sector-specific dynamics

and crisis responses require analysis beyond static models. Therefore, to observe the time-varying nature of systematic risk, rolling beta estimation is employed. These estimates are presented in Figure 1.

The figure displays the 60-day rolling beta coefficients of sector indices over time. The results indicate that beta values are not constant across sectors and exhibit substantial fluctuations. Volatility in beta is particularly high in the banking (XBANK) and transportation (XULAS) sectors. In these sectors, sensitivity to market risk changes significantly over time. The COVID-19 period triggered sharp spikes in beta levels across many sectors. This indicates an increase in systematic risk during crisis periods and highlights the weakening validity of CAPM assumptions.

The banking and transportation sectors, in particular, appear more sensitive to crisis conditions. Table 3 presents the sector-specific beta shifts and statistical significance levels estimated through the interaction term in the conditional CAPM model for the COVID-19 period.

**Table 3.** Conditional CAPM Estimates: COVID Dummy Interaction

| Sector | Market Beta | COVID Effect (Beta Shift) | p-value | R <sup>2</sup> |
|--------|-------------|---------------------------|---------|----------------|
| XUSIN  | 0.863       | 0.120                     | < 0.001 | 0.862          |
| XUHIZ  | 0.849       | −0.023                    | 0.257   | 0.819          |
| XUMAL  | 1.075       | −0.048                    | 0.009   | 0.896          |
| XBANK  | 1.256       | −0.227                    | < 0.001 | 0.677          |
| XHOLD  | 0.958       | 0.119                     | < 0.001 | 0.868          |
| XKMYA  | 0.852       | 0.130                     | < 0.001 | 0.642          |
| XMESY  | 0.871       | 0.160                     | < 0.001 | 0.691          |
| XULAS  | 1.123       | 0.053                     | 0.293   | 0.564          |
| XTCRT  | 0.718       | −0.006                    | 0.880   | 0.464          |

The conditional CAPM results indicate significant shifts in systematic risk for several sectors during the COVID-19 period, as captured by the interaction term. The banking sector shows the most pronounced negative deviation in beta, reflecting heightened sensitivity to external shocks. In contrast, the chemicals, metals, and holding sectors exhibit statistically significant increases in beta values. The COVID-19 effect is not statistically significant for three sectors. These findings suggest that systematic risk varied across sectors during the pandemic period. Figure 2 presents CUSUM structural break test graphs, assessing the temporal stability of regression coefficients for each sector. Significant deviations in the CUSUM process are observed between the start and end dates of the COVID-19 period in several sectors. This indicates the presence of structural changes in beta coefficients. Deviations are especially

notable in the industrial, banking, and transportation sectors. In these sectors, the structure of systematic risk was disrupted during the pandemic, violating the constant beta assumption. In contrast, some sectors exhibit limited fluctuations, maintaining relative structural stability. This finding supports the relevance of the static CAPM form for certain sectors, while highlighting the need for conditional models in others. The test results clearly show that sectoral systematic risk in Turkey's equity market is both time-sensitive and reactive to extraordinary periods. These results provide empirical support for the inadequacy of static models and the necessity of dynamic approaches.

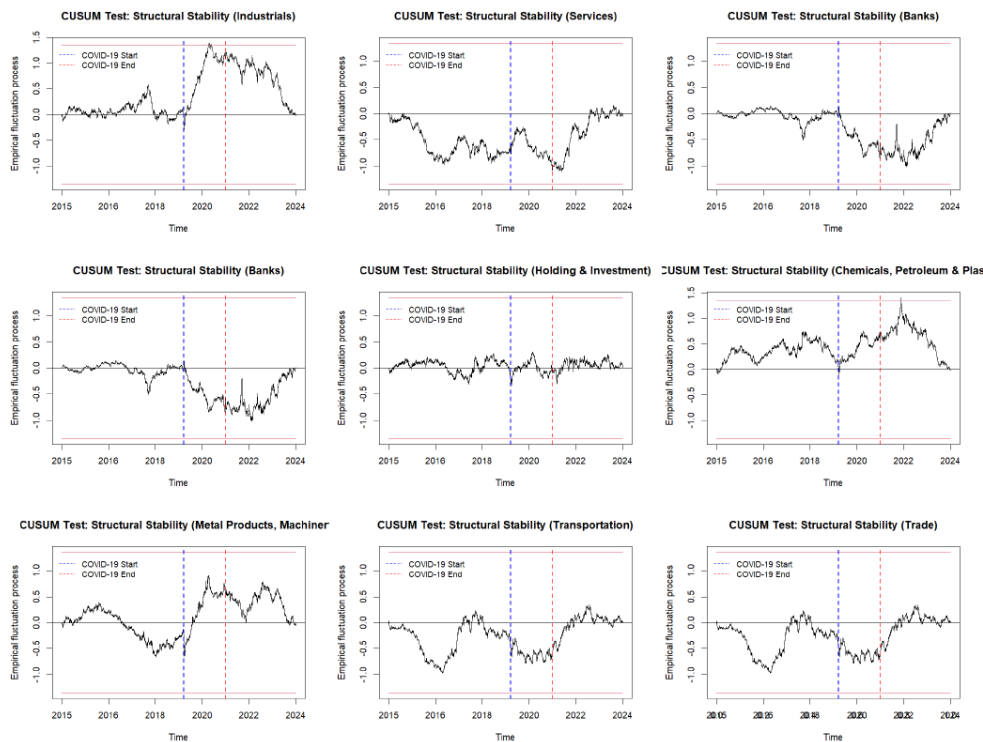


**Figure 2.** CUSUM Structural Break Tests

## 5. CONCLUSION

This study analyzed the temporal behavior of systematic risk across sector indices in Borsa Istanbul. Static and time-varying beta analyses within the CAPM framework revealed significant differences across sectors. The results of the static CAPM indicate high explanatory power in some sectors, while beta values below one in others suggest that market returns alone are insufficient to explain sectoral variations. In the conditional CAPM model, beta shifts specific to the COVID-19 period were found statistically significant in several sectors. This implies that the pandemic had lasting effects on systematic risk levels. CUSUM tests identified structural breaks, particularly in the banking, industrial, and transportation sectors. The findings demonstrate that market shocks differentially affect sectoral systematic risk behavior. These

results underline the importance of sectoral differentiation in investment decisions and risk management. Moreover, they highlight the limitations of constant-parameter models during crisis periods.

## REFERENCES

- Aue, A., Hörmann, S., Horváth, L., & Reimherr, M. (2012). A sequential procedure to detect changes in the beta for the functional CAPM model. *Econometric Theory*, 28(5), 965–1003. <https://doi.org/10.1017/S0266466611000745>
- Black, F., Jensen, M. C., & Scholes, M. (1972). The capital asset pricing model: Some empirical tests. In M. C. Jensen (Ed.), *Studies in the theory of capital markets* (pp. 79–121). Praeger.
- Caporale, G. M. (2012). Structural breaks in financial markets: A Bayesian analysis. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 22(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2011.07.001>
- Çelik, S. (2013). Beta katsayılarının zamanla değişimi: IMKB üzerine bir uygulama. *Maliye Dergisi*, (165), 246–262.
- Chen, S. S., Khamthong, P., & Lee, C. C. (2017). Structural breaks of CAPM-type market model with heteroskedasticity and quantile regression. *Applied Economics Letters*, 24(1), 47–51. <https://doi.org/10.1080/13504851.2016.1167847>
- Dadakas, D., Karpetis, C., Fassas, A., & Varelas, E. (2016). The choice of the time horizon during estimation of the unconditional stock beta. *Preprints*, 2016070010. <https://doi.org/10.20944/preprints201607.0010.v1>
- Drakos, K. (2004). Terrorism-induced structural shifts in financial risk: Airline stocks in the aftermath of the September 11th terror attacks. *European Journal of Political Economy*, 20(2), 435–446. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2003.08.004>
- Er, B., & Kaya, Y. (2012). Muhasebe betalarının sistematik risk açıklama gücü: Türkiye’de ampirik bir çalışma. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(2), 145–164.
- Fan, H., & Sheng, W. (2020). Research on dynamic evolution of systemic risk in Chinese banking system. *Frontiers in Physics*, 8, 199. <https://doi.org/10.3389/fphy.2020.00199>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The cross-section of expected stock returns. *The Journal of Finance*, 47(2), 427–465. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1992.tb04398.x>
- Fama, E. F., & French, K. R. (2004). The capital asset pricing model: Theory and evidence. *Journal of Economic Perspectives*, 18(3), 25–46. <https://doi.org/10.1257/0895330042162430>
- Haroon, O., Ali, M., Khan, A., Khattak, M. A., & Rizvi, S. A. R. (2021). Financial market risks during the COVID-19 pandemic. *Emerging Markets Finance and Trade*, 57(8), 2407–2414.
- Groenewold, N., & Fraser, P. (1999). Time-varying estimates of CAPM betas. *Mathematics and Computers in Simulation*, 48(2), 231–239. [https://doi.org/10.1016/S0378-4754\(98\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4754(98)00110-7)
- Jianbao, W., & Jingjie, L. (2009). An empirical study on the stability and time variation of betas in Shenzhen stock market. *International Journal of Economics and Finance*, 1(1), 65–70. <https://doi.org/10.5539/ijef.v1n1p65>
- Karakoç, E. (2016). Türkiye’de sermaye varlıklarını fiyatlama modeli: Sektörler bazında ampirik bir inceleme. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 1–20.
- Karatepe, A., Karaaslan, B., & Gökgöz, F. (2002). Koşullu CAPM modeli ile hisse senedi getirilerinin tahmini. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 31(2), 123–137.

- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37. <https://doi.org/10.2307/1924119>
- Liston, D. (2017). Internet gambling stock returns: Empirical evidence from the UK. *International Journal of Managerial Finance*, 13(1), 36–49. <https://doi.org/10.1108/IJMF-10-2015-0176>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Mikołajek-Gocejna, M. (2021). Estimation, instability, and non-stationarity of beta coefficients for twenty-four emerging markets. *Quantitative Finance and Economics*, 5(2), 300–319. <https://doi.org/10.3934/QFE.2021014>
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, 34(4), 768–783. <https://doi.org/10.2307/1910098>
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. <https://doi.org/10.2307/2977928>
- Szczepocki, P., Marcinkiewicz, K., & Kowalewska, K. (2025). Systematic risk and return in European sectors during the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*, 57, 104285. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104285>
- Tsuji, C. (2022). Structural breaks in bank stock betas: Evidence from international capital markets. *International Journal of Finance & Economics*, 27(4), 4863–4878. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2379>
- Yalçın, K. C., & Ersşahin, H. (2014). CAPM modelinin geçerliliği: Türkiye örneği. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 43(2), 187–202.
- Zhang, N., Gong, Y., & Xue, X. (2023). Less disagreement, better forecasts: Adjusted risk measures in the energy futures market. *Journal of Futures Markets*, 43(10), 1332–1372. <https://doi.org/10.1002/fut.22412>
- Zhao, M., & Park, H. (2024). Bidirectional risk spillovers between Chinese and Asian stock markets: A dynamic copula-EVT-CoVaR approach. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(3), 110. <https://doi.org/10.3390/jrfm17030110>

## HOW EFFECTIVELY DOES TRADITIONAL EDUCATION CONTRIBUTE TO LABOR MARKET PRODUCTIVITY?

**Dr. Öğr. Üyesi Caner DİLBER**

Çankırı Karatekin University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Labor Economics  
and Industrial Relations Department, 18100 Uluyazı, Çankırı

**ORCID ID:** 0000-0002-2648-925X

### ABSTRACT

A positive relationship between the educational attainment of the workforce and labor productivity is both theoretically anticipated and economically desirable. However, contemporary traditional education systems often fall short of adequately addressing the evolving demands of the labor market. This study aims to examine the extent to which workers with basic, intermediate, and advanced levels of education contribute to output per worker in five countries recognized for their well-developed education systems: Finland, the United States, Norway, Denmark, and Sweden. To this end, a balanced panel dataset was constructed using annual data spanning the period from 1996 to 2023. The analysis began with a cross-sectional dependency test to assess potential interdependencies among the panel units, followed by a homogeneity test to evaluate the consistency of slope coefficients across countries. Based on the outcomes of these preliminary tests, the appropriate estimation technique was identified, and the Augmented Mean Group (AMG) estimator was employed to obtain robust long-run coefficients. The empirical findings reveal that workforce educational attainment at the basic, intermediate, and advanced levels does not exert a statistically significant impact on output per worker. In contrast, capital investment per worker introduced as a control variable was found to have a significant and positive effect on labor productivity, in line with expectations and consistent with findings in the existing literature.

**Keywords:** Labor productivity, education, dynamic panel data analysis.

### 1. INTRODUCTION

The growing inability of traditional education systems to adapt to the dynamic and rapidly evolving demands of the labour market has emerged as a critical issue in contemporary economic and educational policy discourse. The forces of globalization, digital transformation, and shifts in business practices have fundamentally reshaped the skillsets required in today's workforce. Nevertheless, many education systems remain inadequately responsive to these changes, both in terms of pace and relevance. This persistent misalignment is widely conceptualized in the literature as a skills mismatch, or more broadly, as a structural disconnect

between educational outcomes and labour market needs. Addressing this multifaceted problem necessitates engagement with various theoretical perspectives, including human capital theory, institutional economics, the lifelong learning paradigm, and information society theories.

According to human capital theory (Becker, 1964), education serves as a key mechanism for enhancing individual productivity, thereby increasing one's value within the labour market. From this perspective, education is not only a personal investment but also a cornerstone of broader economic development. Nevertheless, the growing inability of traditional education systems to align with the rapidly shifting demands of contemporary labour markets calls into question the practical applicability of this theory. In the current economic landscape, employability is no longer determined solely by formal academic credentials, but increasingly by a wide array of transversal competencies, including digital literacy, effective communication, critical thinking, problem-solving, and adaptability. Traditional systems, however, often remain anchored in rigid curricula that prioritize theoretical knowledge and standardized assessments, with limited emphasis on practical or soft skills development. As a result, graduates frequently enter the workforce inadequately prepared for the complex, interdisciplinary, and rapidly evolving nature of modern employment, thus undermining both their competitiveness and the economic utility of formal education itself.

Skills mismatch represents a critical outcome of the misalignment between education systems and labour market demands. As highlighted in a CEDEFOP (2010) report, a substantial proportion of educated individuals across European countries are either unable to secure employment that aligns with their educational qualifications or are employed in fields unrelated to their academic training. This issue is particularly acute in developing economies such as Turkey, where the rising unemployment rates among young university graduates underscore the depth of this misalignment. The misdirection of the educated labour force into fields with limited market relevance, or the failure to equip them with the skills demanded by contemporary employers, not only hampers individual career trajectories but also undermines the efficiency and return on investment of public spending in education.

From the perspective of institutional economics, education systems and labour markets represent distinct institutional domains that evolve at different paces and often lack coordinated interaction. Educational institutions tend to exhibit structural rigidity and a resistance to rapid change, as they are governed by long-standing bureaucratic norms, standardized curricula, and formal accreditation procedures. In contrast, labour markets are inherently dynamic, shaped by

continuous technological innovation, global economic shifts, and sectoral transformations. This asymmetry in institutional responsiveness gives rise to what is termed an “institutional lag,” wherein the education system fails to adapt in a timely manner to the evolving needs of the labour market. As a result, graduates frequently encounter significant barriers in securing employment that aligns with their qualifications and skill sets, further perpetuating inefficiencies in both human capital development and labour market functioning.

Conversely, the information society framework and the lifelong learning paradigm offer a forward-looking perspective to address the persistent disconnect between education and labour market needs. In an economy increasingly driven by knowledge production and characterized by the continuous evolution of information, education is no longer viewed as a finite process confined to early stages of life. Instead, it is conceptualized as a lifelong endeavour that must adapt to the shifting demands of the labour market. However, traditional education systems often lack the institutional flexibility and structural mechanisms necessary to support continuous skill development. The prevailing model wherein education is front-loaded during youth renders individuals ill-equipped to cope with the ongoing transformation of occupational requirements, thereby increasing their vulnerability to obsolescence in a rapidly evolving professional landscape.

This study investigates the impact of traditional education systems on labour productivity in five countries renowned for their high-quality education: Finland, the United States, Norway, Denmark, and Sweden. It empirically examines the mismatch between educational outcomes and labour market demands an enduring challenge even in contexts where education systems are widely regarded as robust. The findings reveal that, despite their advanced educational infrastructures, these countries continue to face difficulties in aligning educational outputs with labour market needs, highlighting the structural and systemic nature of the skills mismatch problem.

## **2. LITERATURE REVIEW**

Literature includes various studies that examine the relationship between education level and labor productivity from different perspectives. In these studies, education level is typically represented by indicators such as human capital, education expenditures, and school enrollment rates. Hojo (2003) examined data from 90 countries and concluded that increases in education levels serve as a catalyst for productivity growth. Similarly, De la Fuente and Domenech (2001), Abel, Dey, and Gabe (2012), Penekli (2019), and Männasoo et al. (2018) identified a

positive and significant relationship between human capital and productivity across various countries and time periods. Jorgenson, Ho, and Samuels (2016), focusing on the United States, found that rising education levels played a substantial role in enhancing both growth and productivity. In contrast, McGowan and Andrews (2015) highlighted the negative impact of skill mismatches on labor productivity, revealing that approximately one-third of the workforce in OECD countries is either underqualified or overqualified for their jobs, which hampers overall productivity. Additionally, Arshad and Malik (2015) and Baharin et al. (2020) analyzed the effects of education and health on labor productivity, finding that while both factors are important, health may have a stronger influence in certain contexts. Gul et al. (2022) further supported the positive link between education and productivity in Pakistan, showing that a 1% increase in education investment corresponds to a 0.10% rise in labor productivity. Najarzadeh and colleagues (2014) analyzed data from 108 countries and found that internet usage, education expenditure, healthcare spending, and fixed capital formation have positive effects on labor productivity. Nedomlelova and Kocourek (2016) identified a strong relationship between human capital and labor productivity in European countries, highlighting that variations in education levels largely explain differences in productivity. In Turkey, Karahan (2009) conducted a survey revealing that younger workers tend to participate more actively in the workforce and that higher educational attainment correlates with increased labor productivity. Similarly, Lovric (2012) demonstrated that information and communication technologies positively influence labor productivity, with higher education playing a particularly critical role. Priatna (2020) investigated the influence of education and training programs on the productivity of public officials and concluded that well-designed programs significantly enhance employee performance. In the agricultural sector, Cheruiyot (2022) demonstrated that formal education positively affects fertilizer adoption and maize productivity, while agricultural extension training has a highly significant impact on productivity outcomes. Similarly, Rustomo, Cahyono, and Rahman (2024) assessed the role of education and training in the printing industry, highlighting their critical contribution to employee productivity, especially in tasks that demand high precision and quality standards. Consistent with these findings, Antih (2024) reported that education and training exert a positive and significant influence on worker productivity, underlining the necessity of effective training investments to improve individual competencies and overall organizational performance.

### 3. METHODOLOGY

This study analyses the impact of workers with basic, secondary, and advanced education on output in five countries with strong education systems (Finland, the United States, Norway, Denmark, and Sweden). In this context country data for the period 1996-2023 was obtained annually from the World Bank database. In the analyses cross-sectional dependence was assessed using the Pesaran (2021) CD, Juodis and Reese (2021) CDw, Fan et al. (2015) CDw+, and Pesaran and Xie (2021) CD\* tests. Following the identification of cross-sectional dependence, the stationarity of the series was examined using the Pesaran (2007) CADF test. Subsequently, the Blomquist and Westerlund (2013) test was employed to assess the homogeneity of the panel data. Based on the results of the preliminary tests, the Augmented Mean Group (AMG) estimator developed by Bond and Eberhardt (2009) and Eberhardt and Teal (2010) was employed, as it provides reliable estimates in the presence of cross-sectional dependence and heterogeneity.

The panel equations used are as follows:

$$\ln productivity_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln basic_{it} + \beta_2 \ln inter_{it} + \beta_3 \ln advance_{it} + \beta_4 \ln capita_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

In the equation, *ln productivity* denotes output per worker, while *ln basic*, *ln inter*, and *ln advance* represent the proportions of workers with basic, intermediate, and advanced education levels, respectively. Additionally, capital investment per worker commonly recognized in the literature as a key determinant of labor productivity has been incorporated into the model, with *ln capita* denoting investment per worker. Here, *i* denote the unit-specific effect, *t* represents the time-specific effect, and  $\varepsilon$  is the error term of the model.

### 4. RESULTS

In this study, the results of four different tests used to assess cross-sectional dependence are presented in Table 1.

**Table 1.** Cross-Section Dependency

| Variables              | CD       | CDw     | CDw+     | CD*     |
|------------------------|----------|---------|----------|---------|
| <i>ln productivity</i> | 15.98*** | 3.08*** | 53.63*** | 0.64    |
| <i>ln basic</i>        | -0.31    | -0.62   | 16.54*** | 9.81*** |
| <i>ln inter</i>        | 12.82*** | 1.78*   | 42.33*** | 0.25    |
| <i>ln advance</i>      | 10.11*** | 1.84*   | 33.81*** | 0.59    |
| <i>ln capita</i>       | 15.05*** | 3.42*** | 51.02*** | 0.38    |

\*  $p < 0.10$ ; \*\*\*  $p < 0.01$ .

It is observed that at least two of the four applied tests for each variable indicate the presence of cross-sectional dependence. Therefore, the second-generation unit root test, Pesaran's CADF, was employed to assess the stationarity of the series. The results revealed that none of the series were stationary at level with a lag length of 2 for both the constant and constant-plus-trend models, but all became stationary after the first difference. In addition, according to the homogeneity test results by Blomquist and Westerlund (2013), ( $\tilde{A}_{adj.} = 4.037$   $p < 0.001$ ), the model exhibits a heterogeneous structure. Given the presence of both cross-sectional dependence and heterogeneity, the Augmented Mean Group (AMG) estimator developed by Bond and Eberhardt (2009) and Eberhardt and Teal (2010) was employed. The estimation results are presented in Table 2.

**Table 2.** Mean Group type estimation (AMG) Result

| Inproductivity | Coefficient | Std. err. | z     | P>z   | [95% conf. interval] |       |
|----------------|-------------|-----------|-------|-------|----------------------|-------|
| lnbasic        | -0.004      | 0.009     | -0.47 | 0.637 | -0.023               | 0.014 |
| lninter        | -0.079      | 0.054     | -1.47 | 0.141 | -0.186               | 0.026 |
| lnadvance      | -0.047      | 0.045     | -1.06 | 0.291 | -0.136               | 0.040 |
| lncapita       | 0.158       | 0.035     | 4.41  | 0.000 | 0.087                | 0.228 |
| 00000R_c       | 0.932       | 0.120     | 7.73  | 0.000 | 0.696                | 1.169 |
| cons           | 0.017       | 0.001     | 11.7  | 0.000 | 0.014                | 0.020 |

Root Mean Squared Error (sigma): 0.0072, Variable \_00000R\_c refers to the common dynamic process.  
Wald chi2(4) = 20.00, Prob> chi2 = 0.0005.

According to the estimation results among the explanatory variables, the coefficients for the proportions of workers with basic, intermediate, and advanced education levels are all negative and statistically insignificant. Specifically, the coefficient for basic education is  $-0.0046$  ( $p = 0.637$ ), for intermediate education  $-0.0799$  ( $p = 0.141$ ), and for advanced education  $-0.0479$  ( $p = 0.291$ ). These findings suggest that, in the short run, variations in educational attainment levels do not exert a statistically significant impact on labour productivity.

In contrast, capital investment per worker (lncapita) demonstrates a strong and statistically significant positive effect on labour productivity, with a coefficient of  $0.1581$  ( $p < 0.001$ ). This result aligns with the theoretical expectation that capital deepening contributes to higher output per worker, underscoring the importance of sustained investment in physical capital for productivity growth. Moreover, the coefficient for the common dynamic process (00000R\_c), which captures unobserved common factors affecting all cross-sectional units (such as technological progress or global economic trends), is also positive and highly significant ( $0.9329$ ,  $p < 0.001$ ). This indicates that external and shared dynamics play a crucial role in shaping productivity outcomes across the sample. The overall model fit is robust, as evidenced

by the low Root Mean Squared Error (0.0072) and the significance of the Wald test ( $\text{Chi}^2 = 20.00$ ,  $p = 0.0005$ ), confirming that the explanatory variables jointly contribute meaningfully to the variation in labour productivity.

In summary, while the education variables do not exhibit a statistically significant effect on productivity in this model, capital investment and common global dynamics emerge as key drivers. These findings suggest that policy efforts aiming to boost productivity should consider not only improvements in education systems but also increased capital investment and alignment with broader economic trends.

## 5. CONCLUSION

This study examined the impact of employees with basic, intermediate, and advanced levels of education on output per worker in five countries recognized for the strength of their education systems: Finland, the United States, Norway, Denmark, and Sweden. The empirical analysis revealed no statistically significant relationship between the number of employees at each educational level and labour productivity, measured as output per worker. These findings suggest that even in countries with well-developed educational infrastructures, a misalignment persists between educational attainment and labour market outcomes, highlighting the structural nature of the skills mismatch problem.

Addressing these challenges requires a comprehensive and multidimensional transformation of education systems. Foremost among these reforms is the need to enhance the alignment between educational programs and labour market demands. Curricula should be regularly updated to reflect evolving sectoral requirements, and stronger collaboration should be fostered with industrial chambers, employer associations, and professional bodies. Such partnerships would facilitate the integration of practical and industry-specific skills into educational content, complementing theoretical instruction. In this regard, the reinforcement of vocational and technical education institutions is of particular importance. Expanding opportunities for internships, apprenticeships, and other forms of work-based learning such as on the job training can significantly ease the school-to-work transition and improve the employability of young graduates.

In addition, it is essential to embed 21<sup>st</sup> century skills such as digital literacy, critical thinking, problem-solving, collaboration, and adaptability across all levels of education. These transversal competencies are increasingly vital in a labor market characterized by rapid technological change and evolving occupational structures. Moreover, expanding access to

lifelong learning opportunities is critical to ensuring that individuals can continuously adapt to new skill requirements throughout their careers. In this context, the development and promotion of reskilling and upskilling programs are of particular importance, especially for adult learners seeking to remain relevant in the workforce. Open and distance learning platforms serve as valuable tools in facilitating flexible and accessible learning pathways, thereby supporting the continuous development of human capital.

Finally, education policies must be formulated in a data driven and adaptive manner to effectively respond to the evolving needs of the labor market. Educational strategies should be continuously updated based on empirical evidence, including data on sector specific skill shortages and shifting labor market dynamics. The use of labor market intelligence systems and skills forecasting tools can play a crucial role in informing such policy development. Furthermore, enhancing university–industry collaboration is essential to bridge the gap between academic knowledge and practical application. Expanding research and development (R&D) initiatives, establishing technology parks, and increasing the availability of applied training environments can foster stronger linkages between higher education institutions and the business sector, thereby aligning educational outputs more closely with economic needs.

Ultimately, the inability of traditional education systems to keep pace with the rapid transformations of the labor market constitutes a structural challenge with far-reaching implications not only for individual career outcomes but also for broader societal well-being. Addressing this issue requires the development of an education system that is flexible, innovative oriented, and responsive to the evolving demands of the labor market. In this context, the integrated and coordinated redesign of education and employment policies emerges as a critical strategy for promoting sustainable economic development and fostering social cohesion.

## REFERENCES

- Abel, J. R., Dey, I., & Gabe, T. M. (2012). Productivity and the density of human capital. *Journal of Regional Science*, 52(4), 562–586. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00742.x>
- Arshad, M. U., & Malik, S. (2015). The impact of human capital on labor productivity in the Malaysian manufacturing sector. *Malaysian Journal of Economic Studies*, 52(2), 147–167.
- Baharin, N. A., Aji, H. M., Yussof, I., & Saukani, N. M. (2020). Human capital and labor productivity in Indonesia: A short-run and long-run analysis. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(2), 303–314.
- Becker, G. S. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. University of Chicago Press.
- Brown, P., Green, A., & Lauder, H. (2001). *High Skills: Globalization, Competitiveness and Skill Formation*. Oxford University Press.

- CEDEFOP. (2010). *The skill matching challenge: Analysing skill mismatch and policy implications*. Publications Office of the European Union.
- Cheruiyot, J. K. (2022). Evaluating agricultural extension training and education as information-inputs for maize productivity in a rural set-up of North-Rift, Kenya. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 8(4), 51–60. <https://doi.org/10.9734/ajraf/2022/v8i430164>
- De la Fuente, A., & Domenech, R. (2001). Schooling data, technological diffusion and the neoclassical model. *American Economic Review*, 91(2), 323–327. <https://doi.org/10.1257/aer.91.2.323>
- Gul, S., Rehman, A., Hussain, M., & Jamil, M. (2022). Impact of human capital on labor productivity: Evidence from Pakistan. *Journal of Economic Impact*, 4(1), 14–21.
- Hojo, Y. (2003). The impact of education on productivity: Evidence from cross-country data. *Journal of Asian Economics*, 14(2), 173–195.
- ILO. (2020). *Skills mismatch measurement in the labour market: A methodological framework*. International Labour Organization.
- Jorgenson, D. W., Ho, M. S., & Samuels, J. D. (2016). Education and economic growth in the United States, 1947–2014. *American Economic Review*, 106(5), 224–228. <https://doi.org/10.1257/aer.p20161052>
- Karahan, A. (2009). Türkiye’de işgücü verimliliği ve eğitim ilişkisi: Bir anket çalışması. *Ekonomi ve Yönetim Dergisi*, 22(1), 45–58.
- Lovric, L. (2012). The impact of information and communication technologies on labor productivity in 25 European countries. *European Journal of Economics and Business Studies*, 4(1), 12–23.
- Männasoo, K., Hein, H., & Ruubel, R. (2018). The contribution of human capital to productivity growth in Europe. *Empirica*, 45(2), 391–412. <https://doi.org/10.1007/s10663-017-9371-3>
- McGowan, M. A., & Andrews, D. (2015). The walking dead? Zombie firms and productivity performance in OECD countries. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1216. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5jrql2q2t5f7-en>
- Najarzadeh, R., et al. (2014). The impact of internet usage, education, healthcare spending, and capital formation on labor productivity: Evidence from 108 countries. *Journal of Global Economics*, 5(3), 110–120.
- Nedomlelova, I., & Kocourek, A. (2016). Human capital and labor productivity: Panel data evidence from European countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 123–138.
- OECD. (2019). *Getting Skills Right: Future-Ready Adult Learning Systems*. OECD Publishing.
- Pantih, S. (2024). The effect of education and training on employee productivity. *Golden Ratio of Data in Summary*, 4(2), 347–354. <https://doi.org/10.52970/grdis.v4i2.646>
- Penekli, E. (2019). Beşeri sermaye yatırımları ve verimlilik ilişkisi: Panel veri analizi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 14(2), 45–60.
- Priatna, D. K. (2020). Evaluation of education and training program for civil servants: A new approach to improving employee productivity. *Sosiohumaniora: Journal of Social Sciences and Humanities*, 22(3), 274–280. <https://doi.org/10.24198/sosiohumaniora.v22i3.28500>
- Rustomo, R., Cahyono, A., & Rahman, E. (2024). The influence of training and education on employee productivity in offset printing section in Perum Peruri Karawang, West Java. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(4), 5419–5429. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.13110>

## SINAI MÜLKİYETİN YATIRIM OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ VE TAHKİM

Aydın Kağan ÇALIK

Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Law, Etlik-Keçiören/ANKARA

ORCID ID: 0000-0002-4576-6945

### ÖZET

Mülkiyet hakkı, taşınır (menkul) ve taşınmaz (gayrimenkul) mallar üzerinde hak sahibine usus (kullanma), fructus (yararlanma) ve abusus (tasarruf) yetkilerini tanıyan; mutlak, ayni ve erga omnes nitelikte bir haktır. Bu hak, yalnızca ulusal hukuk sistemlerinin tanıdığı bir mülkiyet rejimi olmaktan öte, uluslararası insan hakları belgeleriyle de teminat altına alınmış temel bir hak olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin (AİHS) 1 No'lu Ek Protokolü, mülkiyet hakkını açıkça koruma altına almakta ve her gerçek ve tüzel kişinin mülk dokunulmazlığına saygı gösterilmesini isteme hakkını güvence altına almaktadır. Böylece mülkiyet hakkı, insan hakları rejiminin ayrılmaz bir parçası hâline gelirken, geniş bir perspektifle yorumlanmak suretiyle sınai mülkiyet haklarını da kapsayan bir koruma alanı yaratmaktadır. Zira sınai mülkiyet hakkı, mülkiyet hakkının soyut (immaterial) tezahürü olarak, eser sahibinin düşünsel emeği ile ortaya koyduğu fikir ve sanat ürünleri üzerindeki haklarını konu edinmekte; telif hakları ve sınai hakları bünyesinde barındırmak suretiyle karma bir yapıya sahip bulunmaktadır. Bu durum, sınai mülkiyetin yalnızca ekonomik bir değer ihtiva etmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda sahibine özgü manevi bir değer atfedilmesi bakımından da önem taşır. Öte yandan yatırım kavramı, uluslararası hukukta genellikle sermaye veya herhangi bir ekonomik değerın uzun vadeli gelir elde etme saikiyle kalıcı bir yapıya dönüştürülmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, uluslararası yatırım hukukunda müstakar hâle gelen uygulamalar, yatırımcının lex specialis niteliğindeki iki taraflı yatırım anlaşmalarından (BITs) veya çok taraflı düzenlemelerden doğan güvencelere dayanarak, yatırımı gerçekleştirdiği devletteki çıkarlarının korunmasını talep edebilmesine olanak tanımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mülkiyet Hakkı, Sınai Mülkiyet, Fikri Mülkiyet İnsan Hakları Hukuku, Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi (AİHS), Uluslararası Yatırım Hukuku, Yatırım Anlaşmaları, AİHM

## EVALUATION OF INDUSTRIAL PROPERTY AS AN INVESTMENT AND ARBITRATION

### ABSTRACT

The right to property, encompassing *usus*, *fructus*, and *abusus*, constitutes an absolute, in rem entitlement enforceable *erga omnes*, extending over both movable and immovable assets. Far from being a construct confined to domestic legal orders, it is firmly embedded in international human rights law, notably under Article 1 of Protocol No. 1 to the European Convention on Human Rights (ECHR), which enshrines the right to peaceful enjoyment of possessions. This broad normative ambit naturally includes intellectual property rights (IPRs), regarded as the immaterial dimension of property. IPRs protect the proprietary and moral interests arising from intellectual and artistic creations, encompassing both copyright and industrial rights. Thus, they reflect not only economic but also intrinsic personal value. Meanwhile, “investment” under international law typically refers to the conversion of capital into a durable asset aimed at securing long-term profits. Within this framework, investors rely on protections afforded by bilateral investment treaties (BITs) and multilateral instruments—manifestations of *lex specialis*—to safeguard their interests against host state interference. Accordingly, the intersection of property rights, intellectual property, and international investment law highlights a sophisticated interplay of human rights obligations, treaty guarantees, and general principles of international law, raising critical questions about their mutual accommodation and normative hierarchy.

**Keywords:** Property Rights, Industrial Property, Intellectual Property Human Rights Law, European Convention on Human Rights (ECHR), International Investment Law, Investment Agreements, ECHR

## EDEBİYATLA BİR KRALI ANMAK: MARCUS AURELIUS VE OZYMANDIAS'IN KALICILIĞINDAKİ NÜANS

**Res. Asst. Tevfik Can BABACAN**

İstanbul Nişantaşı University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences,  
Department of English Language and Literature, 34398 Maslak, İstanbul

**ORCID ID:** 0000-0001-9529-8687

### ÖZET

Marcus Aurelius ve Ozymandias, çok farklı dönemlerde hüküm süren ve birçok konuda keskin çatışmalar yaşayan hayranlık uyandırıcı imparatorlardır. Roma İmparatoru Aurelius, yaşam tarzında mütevazı olması ve şöhret, lüks veya ilgi peşinde koşmaması ile bilinmektedir. Buna karşılık, onun mevkidaşı, eski Yunanca adı Ozymandias olarak bilinen Mısır firavunu II. Ramses, mutlak güç kazanmayı ve insan hafızasında sonsuza dek yankılanmayı hedeflemiştir. Her iki imparatorun hükümdarlıkları ve yönetim yöntemleri, yaşam tarzları bakımından farklılık göstermektedir. Onlar hakkında yazılmış edebi eserler incelenerek, hükümdarlık dönemlerindeki farklılıklar ve sonraki nesillere bıraktıkları miras izlenebilmektedir. Percy Bysshe Shelley'nin yazdığı “Ozymandias” (1818) adlı şiir ile Marcus Aurelius'un MS 170 ile 180 yılları arasında yazdığı *Kendime Düşünceler (Meditations)* adlı kitap, birbirinden oldukça farklı ve zıtlıklarla dolu iki edebi eserdir. Ancak, kalıcılık konusu bakımından düşünüldüğünde, birbirine zıt gerçekleşen eğilimlerin arasında bir denge bulunmaktadır. Aurelius eserinde kendi kişisel gelişimini detaylı olarak anlatmakta iken, “Ozymandias” yüzeyinde bir kralın yıkılmış heykeli üzerinden, geçmişte çökmüş bir krallık ve tiranlık hikayesini anlatmaktadır. Unutulmamaya takıntılı kurgusal kral Ozymandias, sonsuza kadar kalacak heykeller aracılığıyla hayatını ölümsüz olmaya adanmıştır. Bu sözde ölümsüzlük düşüncesi, Ozymandias'ın yaptığı iyiliklerle değil, kibriyle ilintilidir. Öte yandan, Stoacı filozof ve imparator Marcus Aurelius, yazdıklarıyla hatırlanmak gibi bir düşünce gütmekten *Kendime Düşünceler*'i kendisi için yazmıştır. Bu bağlamda düşünüldüğünde, edebiyat, gerçekliğin taklidi ve yansıması olarak tanımlanabileceğinden, Marcus Aurelius'un unutulmaz olduğu gibi, Ozymandias karakteri de ölümsüzleşmiştir. Ancak şiirdeki Ozymandias, Marcus Aurelius ile benzer şekilde hatırlanmamaktadır. Sonuç olarak, her iki hükümdar da edebiyat aracılığıyla halen hatırlanmaya devam etse de, bu eserlerde ölümsüzlük ve kalıcılık kavramlarına ilişkin izler bulunabilmektedir. Bu çalışmada, kalıcılık kavramı, seçilen metinler olan “Ozymandias” ve *Kendime Düşünceler* üzerindeki yansımaları aracılığıyla incelenecektir. İmparatorların hatırlanmak adına bulundukları talepler, günümüzde ortaya çıkan mevcut çelişkili sonuçları ve okuyucularda uyanan yansımaları ile karşılaştırılacaktır.

Sonuç olarak, Marcus Aurelius'un da belirttiği üzere, bugünkü seçimlerimiz gelecekte yankı bulmakta ve bu doğrultuda iyi ve kötü eylemler hatırlanma eğilimi içindelerdir. Bu kavramların arasındaki ilişki edebi eserler aracılığıyla incelenebilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** imparator, Ozymandias, kibir, ölümsüzlük, Marcus Aurelius

### **REMEMBERING A KING THROUGH LITERATURE: A NUANCE IN THE PERMANENCE OF MARCUS AURELIUS AND OZYMANDIAS**

#### **ABSTRACT**

Marcus Aurelius and Ozymandias were formidable emperors, sharply conflicted on numerous issues in their reigns of very distinctive eras. Roman Emperor Aurelius was known to be modest in his way of living, not searching for fame, luxury, or attention by any means. Conversely, his counterpart, Egyptian pharaoh Rameses II, also known by his ancient Greek name Ozymandias, was pursuing power and eternal resonance in human memory. Both emperors' reigns and their ruling methods differ in their patterns of life. Observing through literary works about them, the difference in their reign and their legacy for following generations can be traced. "Ozymandias" (1818), a poem written by Percy Bysshe Shelley and *Meditations*, a book written roughly between AD 170 and 180 by Marcus Aurelius, are two rather dissimilar and full of oppositions literary works. However, there is an equilibrium of opposing tendencies which is useful for contemplating on the issue of permanence. Whereas Aurelius elaborates on personal development of his own in his work, "Ozymandias" explains a story of a fallen statue of a king on the surface and a collapsed kingdom and tyranny in the past. The fictional king with his obsession for not to be forgotten, Ozymandias dedicated his life to the purpose of being immortal through statues that would last forever. This quasi-immortality is not related to Ozymandias' benefaction; but rather, it is in relation to his hubris. On the other hand, Stoic philosopher and emperor, Marcus Aurelius wrote *Meditations* for himself with no intention to be remembered by his scripts. Since literature can be defined as the imitation and reflection of reality, in this sense, Ozymandias becomes immortal just as Marcus Aurelius becomes unforgotten. However, Ozymandias, in the poem, is not remembered in the same way as Marcus Aurelius. Ultimately, although both rulers are still remembered through literature, there are traces to be found on their understandings of immortality and remembrance in this selection of works. In this study, the notion of permanence will be explored through its reflections on the selected texts, "Ozymandias" and *Meditations*. The emperors' initial requests for remembrance will be compared to the present contradictory outcomes, which echo through the minds of contemporary readers.

Overall, as Marcus Aurelius states, our present choices resonate through the future and good and evil deeds incline towards being remembered. The proximity of these concepts can be examined through literary works.

**Keywords:** emperor, Ozymandias, hubris, immortality, Marcus Aurelius

## YÜKSEK TEKNOLOJİ İHRACATININ BELİRLEYİCİLERİ “MIKTA” ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

**Ali İmran TATLIBADEM**

Gaziantep University, Institute of Social Sciences, Department of International Trade and Logistics,  
27100 Gaziantep

**ORCID ID:** 0000-0001-6512-7828

**Prof. Dr. Mustafa METE**

Gaziantep University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of  
International Trade and Logistics, 27100 Gaziantep

**ORCID ID:** 0000-0003-0412-8602

### ÖZET

Günümüzde, teknolojik yeniliklerin hızla artmasıyla birlikte ülkeler arasındaki rekabet derinleşmekte; ekonomik büyüme ile yüksek teknoloji ihracatı arasındaki ilişkinin önemi her geçen gün artmaktadır. Küreselleşme ve dışa açıklığın hız kazanmasıyla birlikte, ülkeler katma değeri yüksek ürünlerin üretim ve ihracatını artırarak ekonomik avantaj sağlamayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda ülkeler, özellikle teknoloji yoğunluğu yüksek sektörlerde uluslararası pazarlarda daha rekabetçi olabilmek için çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Küresel düzeyde ekonomik avantaj elde etme çabaları, karşılıklı iş birlikleri ve politikalar ile desteklenmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, G20 ülkeleri arasında yer alan ve MIKTA (Meksika, Endonezya, Güney Kore, Türkiye ve Avustralya) olarak adlandırılan ülkeler özelinde, yüksek teknoloji ürünü ihracatını sektörel bazda incelemektir. Çalışmada, Eurostat ve OECD tarafından yüksek teknoloji sınıfına dahil edilen sektörler (savunma sanayi, elektrikli makineler, bilgisayar teknolojileri, tıbbi araç ve gereçler, yazılım ürünleri ve hava taşıtları) temel alınarak analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz bölümünde, MIKTA ülkelerine ait 2001-2023 dönemini kapsayan veriler Dünya Bankası ve TradeMap veri tabanlarından elde edilmiştir. Panel veri analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, ön testlerin ardından güçlü bir katsayı tahmincisi olan Augmented Mean Group (AMG) yöntemiyle yüksek teknoloji ürünü ihracatının belirleyicileri sektörel düzeyde incelenmiş ve bu faktörlerin ihracat üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** MIKTA, ileri teknoloji ihracatı, AMG, uluslararası ticaret

## **DETERMINANTS OF HIGH TECHNOLOGY EXPORTS: THE CASE OF MIKTA COUNTRIES**

### **ABSTRACT**

In recent years, technological innovations have accelerated significantly, deepening competition among countries and increasing the importance of the relationship between economic growth and high-tech exports. With the growing pace of globalization and trade liberalization, countries aim to enhance the production and export of high value-added, technology-intensive products to gain economic advantage. Accordingly, nations are developing various strategies to become more competitive in international markets, particularly in sectors with high technological intensity. These global efforts to gain economic advantages are increasingly supported by mutual cooperation and strategic policies. The primary aim of this study is to examine high-technology product exports on a sectoral basis, specifically focusing on MIKTA countries (Mexico, Indonesia, South Korea, Turkey, and Australia), which are members of the G20. The analysis considers sectors classified as high technology by Eurostat and the OECD, including defense industry, electrical machinery, computer technologies, medical instruments, software products, and aircraft. In the analysis section, data covering the period from 2001 to 2023 were obtained from the World Bank and TradeMap databases. Using panel data analysis techniques, and after conducting the necessary preliminary tests, the Augmented Mean Group (AMG) estimator—known for its robustness—was employed to examine the sectoral determinants of high-technology product exports and to analyze the extent of their impact.

**Keywords:** MIKTA, high-tech export, AMG, international trade

## FARKLI PEG KONSANTRASYONLARININ *IN VITRO* KOŞULLARDA SEMİZOTU (*Portulaca oleracea* L.) GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

**Gökhan BAKTEMUR**

Doç. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla  
Bitkileri Bölümü, Sivas-Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0002-0362-5108

**Hatıra TAŞKIN**

Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana-Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0002-1784-4731

**Ecem KARA**

Arş. Gör. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla  
Bitkileri Bölümü, Sivas-Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0002-0118-2673

### ÖZET

Bu çalışma, semizotu bitkisinin *in vitro* koşullarda uygulanan farklı polietilen glikol (PEG) seviyelerine karşı verdiği morfolojik tepkileri belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemede, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamı üzerine sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 oranlarında PEG ilavesi yapılarak dört farklı kültür ortamı (SMA, SMB, SMC ve SMD) hazırlanmıştır. Bitki gelişimini yansıtan temel morfolojik parametreler olan gövde ve köklerin yaş ve kuru ağırlıkları (g) ile uzunluk değerleri (mm) ölçülerek değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan analizler, PEG düzeyindeki artışın anlamlı azalmalar oluşturduğunu ortaya koymuştur. En yüksek gelişim değerleri, PEG içermeyen kontrol grubuna karşılık gelen SMA ortamında kaydedilmiştir. Bu grupta gövde yaş ağırlığı 0.045 g, kuru ağırlığı 0.002 g; kök yaş ağırlığı 0.018 g; gövde uzunluğu 29.90 mm ve kök uzunluğu 45.68 mm olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, PEG konsantrasyonundaki artışın semizotu bitkisinin *in vitro* gelişimini belirgin biçimde baskıladığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Portulaca oleracea*, Kuraklık, *In vitro*, PEG

### THE EFFECTS OF DIFFERENT PEG CONCENTRATIONS ON THE *IN VITRO* GROWTH OF PURSLANE (*Portulaca oleracea* L.)

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the morphological responses of purslane to different levels of polyethylene glycol (PEG) applied under *in vitro* conditions. In the experiment, four different culture media (SMA, SMB, SMC, and SMD) were prepared by supplementing the Murashige and Skoog (MS) basal medium with PEG at concentrations of 0%, 2%, 4%, and 6%, respectively. Basic morphological parameters reflecting plant growth including fresh and dry weights (g) and the lengths (mm) of shoots and roots were measured and evaluated. The

analyses revealed that increasing PEG levels caused significant reductions in measured growth parameters. The highest growth values were recorded in the control group (SMA medium), which contained no PEG. In this medium, shoot fresh weight was measured as 0.045 g, dry weight as 0.002 g, root fresh weight as 0.018 g, shoot length as 29.90 mm, and root length as 45.68 mm. The results indicate that increasing PEG concentration markedly suppresses the *in vitro* growth of purslane, demonstrating the plant's high sensitivity to osmotic stress induced under *in vitro* conditions. The results show that an increase in PEG concentration significantly inhibits the *in vitro* growth of purslane.

**Key words:** *Portulaca oleracea*, Drought, *In vitro*, PEG

## GİRİŞ

Semizotu (*Portulaca oleracea* L.), yüzyıllardır hem yenilebilir bir bitki hem de geleneksel bir tıbbi bitki olarak kullanılan yabancı bir ottur. Akdeniz ve Asya mutfaklarında taze ve çıtır dokusu ile beğeni toplar. Yüksek besin değeri ve farmakolojik özellikleri nedeniyle “geleceğin süper gıdası” olarak da adlandırılmaktadır (Chugh ve ark., 2019; Kumar ve ark., 2022; Chrysargyris ve ark., 2024). Semizotunun geleneksel tıpta çok sayıda faydası bulunmaktadır. Yanıklar, baş ağrısı, bağırsak, karaciğer ve mideyle ilişkili hastalıklar, öksürük, nefes darlığı ve artrit gibi rahatsızlıkların tedavisinde kullanılabilir. Bitkisel tıpta müshil, kalp uyarıcısı, kas gevşetici, antiinflamatuvar ve idrar söktürücü olarak önemli uygulamalara sahiptir. Ayrıca semizotu, osteoporoz ve sedef hastalığı (psoriasis) tedavisinde de kullanılmaktadır (Uddin ve ark., 2014; Nemzer ve ark., 2020).

İklim değişikliği ve tarım birbirine sıkı sıkıya bağlıdır ve iklim koşullarındaki ani değişiklikler küresel gıda üretimini ve güvenliğini olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliğiyle bağlantılı abiyotik stres faktörleri, özellikle kuraklık ve yüksek sıcaklık, ürün kayıplarına yol açmaktadır. En şiddetli abiyotik stres olan kuraklık; stoma kapanması, reaktif oksijen türlerinin üretimi, terleme, fotosentez gibi fizyolojik süreçleri ve bitki morfolojisini etkileyerek bitki büyümesini ve ürün verimini olumsuz etkiler (Kumar ve Sindhu, 2024). Kuraklık stresi, tarımsal üretimi ve küresel gıda güvenliğini ciddi şekilde etkileyen önemli bir çevresel kısıtlayıcı faktördür. Dünya nüfusu hızla artmakta olup, birçok rapora göre 2050 yılına gelindiğinde 9 ila 10 milyara ulaşması beklenmektedir. Artan nüfus ve buna bağlı olarak artan gıda talebi, küresel ölçekte tarımsal topluluklar üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bununla birlikte, sınırlı arazi varlığı, yetersiz mekanizasyon ve çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörleri gibi etmenler tarımsal üretimi sürekli olarak olumsuz etkilemektedir (Zaib ve ark., 2023). Özellikle tarım bağlamında, kuraklık nedeniyle ortaya çıkan su kıtlığı koşulları ürün verimini ve sürdürülebilir

tarımı en olumsuz etkileyen faktörler arasında yer alır. Bitkiler, bu tür koşullara karşı hem fizyolojik hem de metabolik düzeyde çeşitli uyum mekanizmaları geliştirmiştir. Bu adaptasyonların anlaşılması, dünya genelinde kuraklığa bağlı ürün kayıplarına yönelik biyoteknolojik çözümler geliştirmek açısından büyük önem taşımaktadır. PEG kaynaklı stresle ilişkili farklı kuraklık stres belirteçleri; bitkinin biyokimyası, fizyolojisi, fotosentezi ve metabolizmasında kendini göstermektedir. Bu nedenle, PEG ile yapılan uygulamalar, bitkilerde kuraklık stresinin araştırılması için etkili bir model olarak kabul edilmektedir (Rajeswar ve Narasimhan, 2021). Kuraklık stresi, *P. oleracea*'nın yaprak ve gövde büyümesini engeller; uzun süreli stres koşulları ise klorofil içeriğini azaltarak fotosentez sürecini olumsuz etkiler (Hou ve ark., 2023).

Bu kapsamda, semizotu bitkisinin kuraklık stresine tepkilerini belirlemek üzere yürütülen çalışmada, *in vitro* koşullarda MS besin ortamına farklı konsantrasyonlarda (%0, %2, %4 ve %6) polietilen glikol (PEG) eklenerek bitkilerin bu koşullara verdiği tepkiler değerlendirilmiştir.

#### **MATERYAL VE METOT**

Bu araştırma, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi'ne bağlı Bitki Doku Kültürü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Yeşim çeşidine ait semizotu tohumları kullanılmıştır. Denemede, Murashige ve Skoog (1962) tarafından geliştirilen MS besin ortamı temel alınmış ve bu ortama %0, %2, %4 ve %6 oranlarında polietilen glikol (PEG) eklenerek farklı kuraklık stres düzeyleri oluşturulmuştur. Uygulanan PEG dozları ve bunlara ilişkin tanımlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Tohumların yüzey sterilizasyonu amacıyla, %20'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 20 dakika bekletme işlemi uygulanmıştır. Ardından tohumlar, steril saf su ile 4–5 kez yıkanarak dezenfeksiyon işlemi tamamlanmıştır. Sterilize edilen tohumlar, steril kabin altında steril pens yardımıyla önceden hazırlanmış MS besin ortamına ekilmiştir. Kültürler,  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta, 3.000 lüks ışık şiddetinde ve 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında inkübe edilmiştir.

Deneme süresince bitkilerde gövde yaş ağırlığı (g), gövde kuru ağırlığı (g), kök yaş ağırlığı (g), kök kuru ağırlığı (g), gövde uzunluğu (mm) ve kök uzunluğu (mm) olmak üzere toplam altı morfolojik özellik değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak SAS tabanlı JMP 8.1 istatistik yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

**Çizelge 1. Ortamların adlandırılması**

| Dozlar | PEG (%) |
|--------|---------|
| SMA    | 0       |
| SMB    | 2       |
| SMC    | 4       |
| SMD    | 6       |

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 2’de verilen sonuçlara göre, farklı PEG konsantrasyonlarının semizotu tohumlarının kök ve gövde gelişimi üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu görülmektedir. Bu kapsamda değerlendirilen parametreler arasında gövde yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığı dikkate alınmıştır. Yapılan istatistiksel analizler, uygulamalar arasında gövde yaş ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlıkları bakımından anlamlı farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur. Buna karşın, gövde kuru ağırlığı yönünden PEG uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek gövde yaş ağırlığı 0.045 g ile kontrol (SMA) grubunda belirlenirken, en düşük değer 0.024 g ile en yüksek PEG konsantrasyonu (SMD) uygulanan ortamda tespit edilmiştir. Benzer eğilim kök yaş ağırlığında da gözlenmiş; SMA uygulamasında 0.0185 g ile en yüksek değer, SMD uygulamasında ise en düşük değer kaydedilmiştir. Kök kuru ağırlığı bakımından da aynı eğilim devam etmiş; SMA ortamında 0.0011 g ile en yüksek, SMD’de 0.0004 g ile en düşük değer elde edilmiştir. Bu sonuçlar, PEG düzeyinin artmasıyla birlikte semizotunun biyokütle üretiminde belirgin bir azalma meydana geldiğini göstermektedir.

Nasırcılar ve ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada, dört farklı turp çeşidinde kuraklık koşullarının çimlenme ve vejetatif büyüme üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla bitkilere %5, %10, %15 ve %20 oranlarında PEG 6000 uygulanmıştır. Bulgulara göre, vejetatif büyüme parametrelerinde PEG uygulamasıyla birlikte beyaz, siyah ve kırmızı küçük turp çeşitlerinde %15, büyük kırmızı turp çeşidinde ise %20 oranında azalma meydana gelmiştir. Araştırmanın ikinci aşamasında, bitkilerin kuraklığa toleransını artırmak amacıyla PEG 6000 uygulamasına ek olarak farklı dozlarda salisilik asit (0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 mM) uygulanmıştır. Sonuçlar, salisilik asidin kuraklık stresi altında çimlenme ve vejetatif büyüme parametreleri üzerindeki etkisinin çeşide bağlı olarak değiştiğini, ancak genel olarak tohum çimlenmesini uyarıcı bir etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Park ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada su stresinin Çin lahanasında taze ağırlığı kontrol grubuna göre %65 oranında azalttığını bildirmiştir. Adem

(2024) tarafından yürütülen çalışmada, in vitro koşullarda farklı domates çeşitlerinin %0, %1, %2, %4 ve %6 oranlarında PEG içeren MS besin ortamlarındaki gelişim performansları değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, genel ortam ortalaması bakımından en yüksek gelişim değerleri sırasıyla A2 ve A4 uygulamalarında (0.008 g), bunu takiben ise A1 uygulamasında (0.007 g) belirlenmiştir. Rahman ve ark. (2024), yaptıkları çalışmada kuraklık koşullarının bitki büyümesi üzerinde belirgin olumsuz etkiler oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada, lahana bitkisinin sürgün ve köklerinin taze ve kuru ağırlıklarında kuraklık stresine bağlı olarak gözle görülür azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Baktemur ve Kara (2025), acur bitkisinin in vitro koşullarda farklı PEG seviyelerine karşı gösterdiği morfolojik tepkileri belirlemiştir. Çalışmada, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamına sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 PEG eklenerek dört farklı kültür ortamı (ARA, ARB, ARC ve ARD) oluşturulmuştur. Her bir uygulamada, bitki gelişimini yansıtan morfolojik parametreler değerlendirilmiş; gövde ve köklerin yaş ve kuru ağırlıkları (g) ile gövde ve kök uzunlukları (mm) ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre, PEG konsantrasyonundaki artış, tüm incelenen özellikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalara yol açmıştır. En yüksek gelişim değerleri, kontrol grubunu temsil eden ARA ortamında kaydedilmiştir. Bu ortamda gövde yaş ağırlığı 0.416 g, kök yaş ağırlığı 0.387 g olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Farklı PEG uygulamalarının semizotu bitkisinin büyüme parametreleri üzerindeki etkileri (g)

| Dozlar | Gövde yaş ağırlığı (g) | Gövde kuru ağırlığı (g) | Kök yaş ağırlığı (g) | Kök kuru ağırlığı (g) |
|--------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| SMA    | 0.045a                 | 0.0019                  | 0.0185a              | 0.0011a               |
| SMB    | 0.027b                 | 0.0015                  | 0.0128b              | 0.0008ab              |
| SMC    | 0.025b                 | 0.0014                  | 0.0078c              | 0.0005b               |
| SMD    | 0.024b                 | 0.0010                  | 0.0063c              | 0.0004b               |
| LSD    | <b>0.014*</b>          | <b>Ö.D.</b>             | <b>0.005***</b>      | <b>0.0005*</b>        |

Çizelge 3'te farklı PEG konsantrasyonlarının semizotu bitkisinin gövde ve kök uzunluğu üzerindeki etkileri sunulmuştur. İstatistiksel değerlendirmeler, hem gövde hem de kök uzunluğu bakımından uygulamalar arasında anlamlı farklılıkların bulunduğunu göstermiştir. Gövde uzunluğu yönünden en yüksek ortalama değer, 29.90 mm ile kontrol (SMA) uygulamasında belirlenmiştir. Kök uzunluğu açısından değerlendirildiğinde, en fazla gelişim yine SMA ortamında 45.68 mm olarak ölçülmüştür. Bunu sırasıyla SMB (36.73 mm), SMC (33.52 mm) ve SMD (25.52 mm) uygulamaları takip etmiştir. Bulgular, PEG oranındaki artışın

bitkilerin hem gövde hem de kök uzamasını olumsuz yönde etkilediğini, yani kuraklık stresinin büyüme üzerinde baskılayıcı bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Wickramasinghe ve Seran (2019), domatesin KC-1 çeşidinde polietilen glikol (PEG) uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, 30, 60 ve 90 g/L PEG konsantrasyonları ile bir kontrol grubunu içeren *in vitro* bir çalışma yürütmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, PEG düzeylerindeki artış, bitkilerin gövde ve kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlıkları ile klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve olumsuz yönde bir etki yaratmıştır. Kılıç ve ark. (2022), kuraklık stresinin semizotu bitkisinin kimyasal bileşimi, verimi ve bazı kalite parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, uygulamalar semizotu verimi üzerinde önemli bir etki oluşturmuştur. En yüksek verim kontrol (I1) uygulamasında 888 g/saksı olarak belirlenmiştir. Bulgular, I0.8 sulama dozundan elde edilen verimin yüksek olduğunu ve istatistiksel olarak kontrol grubuyla aynı grupta yer aldığını göstermiştir. Buna karşılık, su stresi koşullarında (I0.6 ve I0.4) verim değerleri sırasıyla 607 g/saksı ve 537 g/saksı olarak ciddi biçimde azalmıştır. Kuraklık uygulamaları, verim, bitki boyu, toplam bitki sayısı, ince gövdeli bitki sayısı ve kalın gövdeli bitki sayısı üzerinde anlamlı etkiler oluşturmuştur. Kara ve Baktemur (2025), maydanoz bitkisinin *in vitro* koşullarda farklı PEG düzeyleri altında gösterdiği morfolojik yanıtları değerlendirmiştir. Araştırmada, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamına sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 PEG ilave edilerek dört farklı kültür ortamı (MYKA, MYKB, MYKC ve MYKD) oluşturmuştur. Her bir uygulamada, bitki gelişimini yansıtan göstergeler olarak gövde ve köklerin yaş ile kuru ağırlıkları (g) ve gövde ile kök uzunlukları (mm) belirlenmiştir. En yüksek gövde yaş ağırlığı 0.0166 g, en düşük 0.0043 g; en yüksek gövde kuru ağırlığı 0.035 g, en düşük 0.013 g olarak saptanmıştır. Uzunluk ölçümlerinde ise gövde 20.72 mm ve kök 30.45 mm ile en yüksek değerlere ulaşmıştır.

**Çizelge 3.** Farklı PEG uygulamalarının semizotu bitkisinin gövde ve kök uzunlukları üzerine etkileri (mm)

| Dozlar | Gövde uzunluğu (mm) | Kök uzunluğu (mm) |
|--------|---------------------|-------------------|
| SMA    | 29.90a              | 45.68a            |
| SMB    | 26.30b              | 36.70b            |
| SMC    | 24.94b              | 33.52c            |
| SMD    | 23.85b              | 25.52d            |
| LSD    | 3.46*               | 3.17***           |

## SONUÇ

Bu araştırmada, semizotu bitkisinin in vitro koşullarda farklı PEG konsantrasyonları altında gösterdiği morfolojik tepkiler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, PEG konsantrasyonunun artmasıyla birlikte bitkisel gelişim parametrelerinde (gövde ve kök yaş/kuru ağırlıkları ile gövde ve kök uzunlukları) belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı azalmalar meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu durum, PEG uygulamasının su potansiyelini düşürerek kuraklık stresini simüle ettiğini ve bu stresin bitkinin büyüme ve biyokütle üretimini baskıladığını göstermektedir. Çalışma sonuçlarına göre, en yüksek gelişim değerleri kontrol (SMA) ortamında, en düşük değerler ise %6 PEG içeren SMD ortamında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, semizotu bitkisi orta düzeyde su eksikliğine karşı belirli bir dayanıklılık göstermekle birlikte, yüksek PEG konsantrasyonlarında bitkisel gelişimi önemli ölçüde gerilemektedir. Bu çalışma, semizotunun kuraklık stresine verdiği morfolojik yanıtların laboratuvar koşullarında belirlenmesine yönelik temel bir veri seti sunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Adem E.İ. (2024). Bazı Domates (*Solanum lycopersicum* L.) Çeşitlerinin *In Vitro* Kuraklık Stresi Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ss. 41.
- Baktemur, G., Kara, G. (2025). Acur (*Cucumis melo* var. *flexuosus*) Bitkisinin Kuraklık Stresine Karşı *In Vitro* Yanıtlarının Araştırılması. 8. Uluslararası Akdeniz Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi. 22-23 Ağustos 2025. Antalya, Türkiye pp., 286-293
- Chrysargyris, A., Xylia, P., Zengin, G., & Tzortzakis, N. (2024). Purslane (*Portulaca oleracea* L.) growth, nutritional, and antioxidant status under different nitrogen levels in hydroponics. *Horticulturae*, 10(9), 1007.
- Chugh, V., Mishra, V., Dwivedi, S. V., & Sharma, K. D. (2019). Purslane (*Portulaca oleracea* L.): An underutilized wonder plant with potential pharmacological value. *The pharma innovation journal*, 8(6), 236-246.
- Hou, P., Yun, P., Qu, M., Li, A., Ahmed, H. A. I., Khan, W. U. D., & Luo, B. (2023). *Portulaca oleracea* under Drought Stress. In *Medicinal Plant Responses to Stressful Conditions* (pp. 347-368). CRC Press.
- Kara, E., Baktemur, G. (2025). Maydanoz Bitkisinin *In Vitro* Ortamda Kuraklık Koşullarına Verdiği Tepkilerin Araştırılması. 8. Uluslararası Akdeniz Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi. 22-23 Ağustos 2025. Antalya, Türkiye pp., 278-285
- Kılıç, C. C., Esetlili, B. Ç., Saraçoğlu, Ö. A., Esetlili, T., & Kurucu, Y. (2022). Effects Of Drought Stress On Purslane (*Portulaca oleracea*). *Proceedings of the XIII International Scientific Agricultural Symposium. Agrosym*. 427-433
- Kumar, A., Sreedharan, S., Kashyap, A. K., Singh, P., & Ramchiary, N. (2022). A review on bioactive phytochemicals and ethnopharmacological potential of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Heliyon*, 8(1).
- Kumar, S., & Sindhu, S. S. (2024). Drought stress mitigation through bioengineering of microbes and crop varieties for sustainable agriculture and food security. *Current Research in Microbial Sciences*, 7, 100285.
- Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15(3), 473-497.
- Nasırcılar, A. G., Ulukapı, K., & Kurt, Z. (2020). Kuraklık Stresi Koşullarında Dışarıdan Uygulanan Salisilik Asitin Turp (*Raphanus sativus* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Vejetatif Büyüme

- Özellikleri Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(11), 2293-2299.
- Nemzer, B., Al-Taher, F., & Abshiru, N. (2020). Phytochemical composition and nutritional value of different plant parts in two cultivated and wild purslane (*Portulaca oleracea* L.) genotypes. *Food chemistry*, 320, 126621.
- Park, S. H., Jun, S. S., An, G., Hong, Y. N., & Park, M. C. (2003). A comparative study on the protective role of trehalose and LEA proteins against abiotic stresses in transgenic Chinese cabbage (*Brassica campestris*) overexpressing CaLEA or otsA. *Journal of Plant Biology*, 46(4), 277-286.
- Rahman, A., Akram, N. A., & Iqbal, M. (2024). Phenolic compound vanillic acid modulates growth and defense system of cabbage (*Brassica oleracea* var. Capitata L.) under drought stress. *Pak. J. Bot*, 56(5), 1631-1644.
- Rajeswar, S., & Narasimhan, S. (2021). Peg-induced drought stress in plants: A review. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(11), 6173-6178.
- Uddin, M. K., Juraimi, A. S., Hossain, M. S., Nahar, M. A. U., Ali, M. E., & Rahman, M. M. (2014). Purslane weed (*Portulaca oleracea*): A prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 951019.
- Wijerathna-Yapa, A., & Hiti-Bandaralage, J. (2023). Tissue culture—A sustainable approach to explore plant stresses. *Life*, 13(3), 780.
- Zaib, M., Zeeshan, A., Aslam, S., Bano, S., Ilyas, A., Abbas, Z., ... & Mumtaz, S. (2023). Drought stress and plants production: A review with future prospects. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 6(4), 1278-1292.

## **IN VITRO ORTAMDA PEG KAYNAKLI STRESİN KIRMIZI PANCAR GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Ecem KARA**

Arş. Gör. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla  
Bitkileri Bölümü, Sivas-Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0002-0118-2673

**Hatıra TAŞKIN**

Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana-Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0002-1784-4731

**Gökhan BAKTEMUR**

Doç. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla  
Bitkileri Bölümü, Sivas-Türkiye

**ORCID ID:** 0000-0002-0362-5108

### **ÖZET**

Bu araştırma, kırmızı pancar bitkisinin *in vitro* koşullarda uygulanan farklı polietilen glikol (PEG) seviyelerine karşı gösterdiği morfolojik tepkileri incelemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamına sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 oranlarında PEG eklenerek dört ayrı kültür ortamı (KPA, KPB, KPC ve KPD) oluşturulmuştur. Bitkilerin gelişim performansını değerlendirmek üzere gövde ve kök kısımlarına ait yaş ve kuru ağırlık değerleri (g) ile uzunluk ölçümleri (mm) yapılmıştır. Analiz sonuçları, PEG konsantrasyonunun artışına paralel olarak tüm morfolojik parametrelerde istatistiksel açıdan anlamlı düşüşler meydana geldiğini göstermiştir. En yüksek büyüme değerleri, PEG içermeyen kontrol grubunu temsil eden KPA ortamında elde edilmiştir. Bu ortamda gövde yaş ağırlığı 0.087 g, kuru ağırlığı 0.0055 g; kök yaş ağırlığı 0.014 g, kuru ağırlığı 0.0007 g; gövde uzunluğu 27.54 mm ve kök uzunluğu 30.24 mm olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, PEG uygulamasının *in vitro* koşullarda kırmızı pancar bitkisinin büyümesini belirgin biçimde sınırladığını ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kırmızı pancar, Kuraklık, *In vitro*, PEG

### **EFFECTS OF PEG INDUCED STRESS ON THE *IN VITRO* GROWTH OF RED BEET**

#### **ABSTRACT**

This study was conducted to investigate the morphological responses of red beet plants to different polyethylene glycol (PEG) levels applied under *in vitro* conditions. In the study, four separate culture media (KPA, KPB, KPC, and KPD) were created by adding PEG at concentrations of 0%, 2%, 4%, and 6%, respectively, to the Murashige and Skoog (MS) basic nutrient medium. To evaluate the growth performance of the plants, fresh and dry weight values (g) and length measurements (mm) were taken for the stem and root parts. The analysis results

showed statistically significant decreases in all morphological parameters parallel to the increase in PEG concentration. The highest growth values were obtained in the KPA medium, representing the control group without PEG. In this medium, the fresh weight of the stem was 0.087 g, the dry weight was 0.0055 g; the fresh weight of the root was 0.014 g, the dry weight was 0.0007 g; the stem length was 27.54 mm, and the root length was 30.24 mm. The findings obtained reveal that PEG application significantly limits the growth of red beet plants *under in vitro* conditions.

**Key words:** Red beet, Drought, *In vitro*, PEG

## GİRİŞ

Pancar bitkisinin adını, şişkin kök yapısının Yunanca “B” harfini andırmasından dolayı Yunan harfi “beta”dan aldığı söylenmektedir. Ancak, MÖ 2000 yıllarında Yunanlılar ve Romalılar tarafından kültüre alınan tür, aslında kök değil, yaprakları tüketilen pancar çeşidi olan pazı (chard) idi. Doğal çeşitlilik muhtemelen etli (şişkin) kazık kök çeşitlerinde ilk olarak ortaya çıkmıştır; bu türlerin MS 2. yüzyılda var olduğu bilinmekte ve kış aylarında besin olarak kullanılan ilk pancar türleri oldukları düşünülmektedir (McGrath ve ark., 2007; Neelwarne ve Halagur, 2012). İtalyanlar, Akdeniz kıyılarında yetişen yabancı pancarlardan seçim yaparak kırmızı ve beyaz çeşitler geliştirmişlerdir. Bu çeşitler zamanla “Romalı pancarı” olarak tanınmış ve yaygınlaşmıştır. Tarihsel olarak pancar; haşlanarak yahnilere katılmış, tartlarda pişirilmiş, fırında bütün halde kavrulmuş veya salatalarda doğranarak tüketilmiştir. Ayrıca, bireysel deneyimlere dayalı olarak pancarın içeceklerde ve tıbbi amaçlarla kullanıldığı da bilinmektedir (Neelwarne ve Halagur, 2012). Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*), Chenopodiaceae familyasına ait bir bitkidir (Oyen, 2004; Kumar ve Brooks, 2018). Kırmızı pancar, otsu bir bitkidir ve yenilebilir kökleri ve yaprakları için yetiştirilir (Munro ve Small, 1997; Lange ve ark., 1999; Neelwarne ve Halagur, 2012; Kumar ve Brooks, 2018). Çeşidine bağlı olarak pancarların rengi sarıdan kırmızıya kadar değişebilir, ancak kırmızı pancar, insan tüketimi açısından en yaygın ve tercih edilen türdür (Singh ve Hathan, 2014; Kumar ve Brooks, 2018). Kırmızı pancarın kökleri, salatalarda, çorbalarda, yahnilere haşlanarak eklenmiş şekilde, fırında bütün olarak kavrularak, tartlarda pişirilerek, turşu, reçel, şarap veya meyve suyu şeklinde değerlendirilir (Neelwarne ve Halagur, 2012; Wruss ve ark., 2015; Guldiken ve ark., 2016; Kumar ve Brooks, 2018). Kırmızı pancar, yüksek düzeyde betalain ve antioksidan aktiviteyle ilişkili diğer fitokimyasal bileşenler içermektedir. Kırmızı pancar pigmentleri, özellikle gıda endüstrisinde doğal renklendirici olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır (Kumar ve Brooks, 2018).

Stres, organizmanın dengesini bozma eğiliminde olan etmenler sonucunda ortaya çıkan fizyolojik değişim durumudur; buna karşılık gerilim (strain) ise stresin etkisiyle oluşan fiziksel ve kimyasal değişimleri ifade eder (Gaspar ve ark., 2002; Jaleel ve ark., 2009). “Stres” terimi farklı bağlamlarda çeşitli anlamlarda kullanılmakta olup, fizyolojik açıdan doğru tanımı ve kullanımı, organizmanın farklı durumlara verdiği tepkisel yanıtlarla ilişkilidir. Bitkilerde normal metabolik esneklik, çevresel değişimlere karşı uyum mekanizmalarının devreye girmesini sağlar. Bu çevresel değişiklikler, günlük veya mevsimsel döngülerde öngörülebilir biçimde meydana gelir. Dolayısıyla, çevresel bir faktörün optimum değerinden her sapma, bitki açısından mutlaka stres anlamına gelmez. Ancak, stres durumunda metabolik düzenin üzerine ani veya aşırı bir yük binmesi, yaralanma, hastalık veya fizyolojik bozukluklara yol açabilir. Doğal yaşam koşullarında bitkiler sık sık çeşitli stres etmenlerine maruz kalmaktadır. Bunlar arasında kuraklık, düşük sıcaklık, tuzluluk, su baskını (taşkın), yüksek sıcaklık, oksidatif stres ve ağır metal toksisitesi gibi çevresel faktörler yer almaktadır. Bu tür stres koşulları, bitkilerin büyüme, gelişme ve metabolik süreçlerini doğrudan etkileyerek verim ve fizyolojik denge üzerinde önemli kısıtlamalar oluşturur (Jaleel ve ark., 2009). Kuraklık, çok genli olarak kontrol edilen bir stres faktörüdür ve tarımsal üretimi azaltan, küresel ölçekte arazi potansiyelinin verimli kullanımını sınırlayan en önemli risk unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir (Ahmad ve ark., 2018). Kuraklık, bitki morfolojisini, biyokimyasını ve fizyolojisini etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir ve sonuç olarak ürün veriminde ve tohum kalitesinde azalmaya neden olur. İklim değişikliği, su kaynaklarındaki ciddi dalgalanmalar ve ısı stresleri, artan insan nüfusu ile birleşerek tarımsal üretim üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır (Havrlentová ve ark., 2021).

Stres toleransına sahip üstün genotiplerin geliştirilmesi, uzun yıllardır bitki ıslahında temel bir yaklaşım olarak uygulanmaktadır. Bu bağlamda, bitki doku kültürü, stres toleransını geliştirme ve tarama süreçlerinde etkili, kontrollü ve maliyet açısından uygun bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Doku kültürü teknikleri; stres toleransının geliştirilmesi, stres altında meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin anlaşılması ve stres dayanıklılığına sahip hatların seçilmesi açısından değerli bir araçtır. Kontrollü laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen *in vitro* seçim çalışmaları, çevresel değişkenlerin sınırlı olduğu ortamlarda yüksek verimlilik ve düşük maliyet avantajı sunmaktadır (Wijerathna-Yapa ve Hiti-Bandaralage, 2023).

Bu kapsamda, kırmızı pancar bitkisinin kuraklık stresine karşı verdiği *in vitro* yanıtlar araştırılmıştır. Deneme kapsamında, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamına artan

oranlarda polietilen glikol (PEG) eklenerek, %0 (kontrol), %2, %4 ve %6 düzeylerinde dört farklı stres koşulu oluşturulmuştur.

### MATERYAL VE METOT

Araştırma, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Bitki Doku Kültürü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini, Bikores çeşidine ait kırmızı pancar tohumları oluşturmuştur. Denemede, temel besin ortamı olarak Murashige ve Skoog, 1962) formülasyonu esas alınmıştır. Kuraklık stresini taklit etmek amacıyla, ortama %0, %2, %4 ve %6 oranlarında polietilen glikol (PEG) ilave edilmiştir. Böylece, artan PEG konsantrasyonlarıyla dört farklı stres seviyesi oluşturulmuştur. Bu uygulamalara ait tanımlar Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Tohumların yüzey sterilizasyonu için, materyal önce %20 sodyum hipoklorit çözeltisinde 20 dakika bekletilmiş; ardından steril saf suyla 4–5 kez yıkanarak dezenfeksiyon tamamlanmıştır. Steril hale getirilen tohumlar, laminar flow kabini içinde steril pens yardımıyla önceden hazırlanmış MS ortamlarına aktarılmıştır. Ekilen petriler,  $25 \pm 2$  °C sıcaklıkta, yaklaşık 3000 lüks ışık şiddetinde ve 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında inkübasyona alınmıştır.

Deneme süresince, bitki gelişimini değerlendirmek için altı morfolojik parametre ölçülmüştür: gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde uzunluğu ve kök uzunluğu. Elde edilen tüm veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış olup, istatistiksel analizler SAS tabanlı JMP 8.1 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 1.** Ortamların adlandırılması

| Dozlar | PEG (%) |
|--------|---------|
| KPA    | 0       |
| KPB    | 2       |
| KPC    | 4       |
| KPD    | 6       |

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 2'de sunulan verilere göre, farklı PEG konsantrasyonları, kırmızı pancar bitkisinin kök ve gövde gelişimi üzerinde önemli farklılıklara yol açmıştır. Bu değerlendirme kapsamında, gövde yaş ve kuru ağırlıkları ile kök yaş ve kuru ağırlıkları incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler, uygulamalar arasında tüm bu parametreler bakımından anlamlı düzeyde farklılıkların bulunduğunu göstermiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek gövde yaş ağırlığı 0.087 g ile kontrol grubunda (KPA) ölçülmüştür. Aynı şekilde, gövde kuru ağırlığı açısından da en yüksek değer yine KPA uygulamasında 0.055 g olarak tespit edilmiştir. Kök yaş ağırlığı bakımından, KPA ortamında 0.0142 g ile en yüksek, %6 PEG içeren KPD ortamında ise 0.0035 g ile en düşük değer elde edilmiştir. Benzer biçimde, kök kuru ağırlığı da PEG seviyesinin artmasıyla azalmış; bu parametre için en yüksek değer KPA’da 0.00070 g, en düşük değer ise KPD’de 0.00028 g olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, PEG konsantrasyonundaki artışın kırmızı pancar bitkisinin biyokütle üretimini önemli ölçüde baskıladığını, dolayısıyla kuraklık benzeri koşulların bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Yıldırım ve ark. (2020), kuraklık stresinin fasulye bitkisinin büyüme, besin elementi içeriği, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, %100 (D0), %80 (D1) ve %60 (D2) tarla kapasitesine göre belirlenen farklı sulama düzeylerinde yürütmüştür. Elde edilen bulgular, azalan sulama düzeyleriyle birlikte kuraklık stresinin artış gösterdiğini ve bunun sonucunda yaprak alanı ile yaprak, gövde ve kökün yaş ve kuru ağırlıklarında belirgin azalmalar meydana geldiğini ortaya koymuştur. Mehmandar ve ark. (2023), İran kökenli üç kavun genotipinin [Girke (GIR), Ghobadloo (GHO) ve Toghermezi (TOG)] MS besin ortamında farklı sorbitol (0.1–0.4 M) ve PEG (0.009–0.015 M) düzeylerine verdikleri tepkileri incelemiştir. Kuraklığa dayanıklı olarak bilinen GIR genotipinin, diğer genotiplere göre stresi daha iyi tolere ettiği belirlenmiştir. Uygulamalar sonucunda prolin ve MDA birikimi artarken, koleoptil uzunluğu, yaş bitki ağırlığı ve fotosentetik pigment içerikleri anlamlı şekilde azalmıştır. Baktemur ve Kara (2025), acur bitkisinin *in vitro* koşullarda farklı PEG seviyelerine karşı morfolojik tepkilerini incelemiştir. Araştırmada, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamına sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 PEG eklenerek dört farklı kültür ortamı (ARA, ARB, ARC ve ARD) oluşturulmuştur. Her bir uygulamada, bitki gelişimini yansıtan gövde ve kök yaş/kuru ağırlıkları (g) ile gövde ve kök uzunlukları (mm) değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, PEG düzeyinin artmasıyla birlikte tüm morfolojik parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar meydana geldiğini göstermiştir. Ergül (2025), *in vitro* koşullarda üç farklı yazlık kabak çeşidinin, değişen PEG düzeyleri altında gösterdikleri morfolojik ve biyokimyasal tepkileri değerlendirmek amacıyla yürütmüştür. Çalışmada, Murashige ve Skoog (MS, 1962) besin ortamına sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 PEG eklenerek dört farklı kuraklık stresi düzeyi oluşturmuştur. Araştırmada; çimlenme oranı (%), gövde ve kök yaş/kuru ağırlıkları (g) ile gövde ve kök uzunlukları (mm) olmak üzere toplam altı morfolojik parametre incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, artış gösteren PEG

konsantrasyonlarının bitki gelişimi üzerinde baskılayıcı bir etki yarattığını göstermiştir. Özellikle gövde yaş ağırlığı bakımından en yüksek değer 0.72 g ile 1 numaralı çeşidin kontrol (KBA) ortamında, kök yaş ağırlığı açısından ise 0.43 g ile yine aynı ortamda kaydedilmiştir. Kaya (2025), arttırılan polietilen glikol düzeylerinin, kavun fidelerinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. İki gerçek yapraklı fideler, %5, %10, %15 ve %20 PEG-6000 içeren torf:perlit:vermikülit (6:1:1) karışımında 30 gün süreyle yetiştirmiştir. Kuraklık stresinin ardından; bitki boyu, gövde çapı, yaş ve kuru ağırlık, kuru madde oranı, yaprak alanı, yaprak sıcaklığı, klorofil içeriği (SPAD), bağıl su içeriği, turgor kaybı ve elektrolit sızıntısı gibi çok sayıda parametre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, PEG konsantrasyonundaki artışın bitkilerde büyüme ve su tutma kapasitesini önemli ölçüde azalttığını, özellikle bitki boyu, yaş/kuru ağırlık ve bağıl su içeriğinde anlamlı düşüşler meydana getirdiğini göstermiştir.

**Çizelge 2.** Kırmızı pancar bitkisinin farklı PEG uygulamalarında büyüme parametreleri üzerindeki etkileri (g)

| Dozlar | Gövde yaş ağırlığı (g) | Gövde kuru ağırlığı (g) | Kök yaş ağırlığı (g) | Kök kuru ağırlığı (g) |
|--------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| KPA    | 0.087A                 | 0.0055A                 | 0.0142A              | 0.00070A              |
| KPB    | 0.054B                 | 0.0034B                 | 0.0085B              | 0.00034B              |
| KPC    | 0.022C                 | 0.0029BC                | 0.0059BC             | 0.00032B              |
| KPD    | 0.016C                 | 0.0018C                 | 0.0035C              | 0.00028B              |
| LSD    | <b>0.017***</b>        | <b>0.002**</b>          | <b>0.005**</b>       | <b>0.0003*</b>        |

Çizelge 3'te sunulan verilere göre, farklı PEG konsantrasyonlarının kırmızı pancar bitkisinin gövde ve kök uzunluğu üzerinde önemli etkiler oluşturduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel analizler, hem gövde hem de kök uzunluğu bakımından uygulamalar arasında anlamlı farklılıkların bulunduğunu ortaya koymuştur.

Gövde uzunluğu açısından en yüksek ortalama değer, 27.54 mm ile kontrol grubu (KPA) ortamında belirlenmiştir. Bu değeri, 25.04 mm ile KPB uygulaması izlemiştir. Buna karşılık, en düşük gövde uzunluğu 9.19 mm ile KPD (%6 PEG) ortamında ölçülmüştür. Benzer bir eğilim kök uzunluğu açısından da gözlenmiştir. En fazla kök gelişimi KPA ortamında 30.24 mm olarak kaydedilirken, en düşük değer 12.94 mm ile KPD uygulamasında elde edilmiştir.

Rivero ve ark. (2018), kuraklık koşullarında gül yetiştiriciliğinde sürgün büyümesi ile yaprak sayısının belirgin şekilde azaldığını rapor etmiştir. Suminar ve ark. (2022), farklı PEG seviyelerinin, iaa9 domates mutantlarının kuraklık stresine karşı morfo fizyolojik tepkileri üzerindeki etkilerini *in vitro* koşullarda incelemiştir. Çalışmada, PEG uygulamaları %0 (PEG0, kontrol), %5 (PEG5), %10 (PEG10) ve %15 (PEG15) konsantrasyonlarında hazırlanmıştır.

Kültür süresinin 12. haftası sonunda, WT-MT tipi bitkiler, şiddetli kuraklık koşullarında mutant genotiplere kıyasla bitki boyu, kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından daha belirgin azalmalar göstermiştir. Adem (2024), Bu araştırmada, *in vitro* koşullarda farklı domates çeşitlerinin, farklı PEG dozları altında gösterdikleri gelişim performansları değerlendirilmiştir. Denemede, Murashige ve Skoog (MS) besin ortamına sırasıyla %0, %1, %2, %4 ve %6 PEG eklenerek beş farklı stres düzeyi oluşturulmuştur. Deneme kapsamında çimlenme oranı (%), gövde ve kök yaş/kuru ağırlıkları (g) ile gövde ve kök uzunlukları (cm) belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, gövde uzunluğu bakımından en yüksek değerler A1 (6.19 cm) ve A2 (5.60 cm) ortamlarında, kök uzunluğu ise A1 (6.38 cm) ortamında ölçülmüştür. Kara ve Baktemur (2025), maydanoz bitkisinin *in vitro* koşullarda farklı PEG konsantrasyonları altında gösterdiği morfolojik tepkileri incelemiştir. Çalışmada, Murashige ve Skoog (MS) temel besin ortamına sırasıyla %0, %2, %4 ve %6 PEG eklenerek dört farklı kültür ortamı (MYKA, MYKB, MYKC ve MYKD) hazırlanmıştır. Her bir uygulamada, bitki gelişimini değerlendirmek amacıyla gövde ve köklerin yaş/kuru ağırlıkları (g) ile gövde ve kök uzunlukları (mm) ölçülmüştür. Bulgular, PEG konsantrasyonunun artmasıyla birlikte tüm gelişim parametrelerinde belirgin düşüşler meydana geldiğini göstermiştir.

**Çizelge 3.** Kırmızı pancar bitkisinin farklı PEG uygulamalarında gövde ve kök uzunlukları üzerine etkileri (mm)

| Dozlar | Gövde uzunluğu (mm) | Kök uzunluğu (mm) |
|--------|---------------------|-------------------|
| KPA    | 27.54A              | 30.24A            |
| KPB    | 25.04A              | 26.44AB           |
| KPC    | 14.82B              | 20.80B            |
| KPD    | 9.19C               | 12.94C            |
| LSD    | 4.69***             | 5.88***           |

## SONUÇ

Bu çalışma, kırmızı pancar bitkisinin *in vitro* koşullarda farklı PEG konsantrasyonlarına verdiği morfolojik tepkileri belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar, PEG düzeyinin artışıyla birlikte kırmızı pancarın biyokütle üretimi, gövde ve kök gelişimi üzerinde belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı azalmalar meydana geldiğini ortaya koymuştur. Özellikle %6 PEG uygulamasında hem gövde hem de kök uzunluğunda ciddi düşüşler gözlenmiş, bu durum kuraklık stresinin bitki gelişimini baskılayıcı etkisini açıkça ortaya koymuştur. Kontrol ortamında (KPA) elde edilen en yüksek gövde yaş ağırlığı (0.087 g), kök yaş ağırlığı (0.0142 g) ve gövde uzunluğu (27.54 mm) değerlerinin, PEG konsantrasyonunun artmasıyla birlikte kademeli olarak azaldığı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Adem E.İ. (2024). Bazı Domates (*Solanum lycopersicum* L.) Çeşitlerinin *In Vitro* Kuraklık Stresi Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ss. 41.
- Ahmad, Z., Waraich, E. A., Akhtar, S., Anjum, S., Ahmad, T., Mahboob, W., ... & Rizwan, M. (2018). Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(4), 80.
- Baktemur, G., Kara, G. (2025). Acur (*Cucumis melo* var. *flexuosus*) Bitkisinin Kuraklık Stresine Karşı *In Vitro* Yanıtlarının Araştırılması. 8. Uluslararası Akdeniz Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi. 22-23 Ağustos 2025. Antalya, Türkiye pp., 286-293
- Ergül, B. (2025). Yazlık Kabak (*Cucurbita pepo* L.) Çeşitlerinin *In Vitro* Kuraklık Stresi Koşullarında Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ss. 43.
- Guldiken, B., Toydemir, G., Nur Memis, K., Okur, S., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2016). Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) products: Changes in antioxidant properties and bioaccessibility. *International journal of molecular sciences*, 17(6), 858.
- Havrlentová, M., Kraic, J., Gregusová, V., & Kováčsová, B. (2021). Drought stress in cereals—a review. *Agriculture*, 67(2), 47-60.
- Jaleel, C. A., Manivannan, Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol*, 11(1), 100-105.
- Kaya, G. (2025). Changes in Morpho-Physiological Characteristics of Melon (*Cucumis melo* L.) Seedlings under Different Levels of Drought Stress. *Horticultural Studies*, 42(2), 51-56.
- Kumar, S., & Brooks, M. S. L. (2018). Use of red beet (*Beta vulgaris* L.) for antimicrobial applications—a critical review. *Food and bioprocess technology*, 11(1), 17-42.
- Lange, W., Brandenburg, W. A., & De Bock, T. S. (1999). Taxonomy and cultonomy of beet (*Beta vulgaris* L.). *Botanical journal of the Linnean society*, 130(1), 81-96.
- McGrath, J. M., Saccomani, M., Stevanato, P., & Biancardi, E. (2007). Beet. In *Vegetables* (pp. 191-207). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Mehmandar, M. N., Rasouli, F., Giglou, M. T., Zahedi, S. M., Hassanpouraghdam, M. B., Aazami, M. A., ... & Mlcek, J. (2023). Polyethylene glycol and sorbitol-mediated in vitro screening for drought stress as an efficient and rapid tool to reach the tolerant *Cucumis melo* L. Genotypes. *Plants*, 12(4), 870.
- Munro, D. B. (1997). *Vegetables of Canada*. NRC Research Press.
- Neelwarne, B., & Halagur, S. B. (2012). Red beet: an overview. *Red beet biotechnology: Food and pharmaceutical applications*, 1-43.
- Oyen, L. P. A. (2004). *Beta vulgaris* L. In G. B. H. Grubben & O. A. Denton (Eds.), *Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables* (pp. 110-113). Wageningen: PROTA Foundations
- Rivero D.S., Mahecha O.M., Aguilar J.O., Puentes A., Gutierrez L.A., Rivero M.S. (2018). Use of Biotechnology as Generator of Resistance Mechanism to Water Stress in the Rosa Productive Chain (*Rosa indica* L. var. *Classy*), *Chemical Engineering Transactions*, 64, 469-474.
- Sing, B., & Hathan, B. S. (2014). Chemical composition, functional properties and processing of Beetroot.
- Suminar, E., Budiarto, R., Nuraini, A., Mubarak, S., & Ezura, H. (2022). Morpho-physiological responses of *iaa9* tomato mutants to different levels of PEG simulated drought stress. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(6).

- Wijerathna-Yapa, A., & Hiti-Bandaralage, J. (2023). Tissue culture—A sustainable approach to explore plant stresses. *Life*, 13(3), 780.
- Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., ... & Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46-55.
- Yıldırım, E., Kılıçaslan, S.C., Ekin, M., Kul, R. (2020). Kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(2), 264-273.

## YETİŞKİN ERKEKLERİN GENEL SAĞLIK DÜZEYLERİNİN VE PROSTAT KANSERİ TARAMALARI BİLGİ DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Dr. Öğr. Üye. Mehmet KORKMAZ**

Yozgat Bozok University, Akdagmadeni Health College, Department of Nursing, 66300  
Akdagmadeni, Yozgat

**ORCID ID:** 0000-0003-0241-2466

**Onur Arda BAKIR**

Yozgat Bozok University, Akdagmadeni Health College, Department of Nursing, 66300

**ORCID ID:** 0009-0004-8855-3984

### ÖZET

Bu araştırmanın amacı, yetişkin erkeklerin genel sağlık düzeylerini ve prostat kanseri taramalarına yönelik bilgi düzeylerini değerlendirmektir. Çalışma, erkek sağlığına yönelik farkındalığın artırılması ve erken tanı davranışlarının desteklenmesi açısından önem taşımaktadır. Tanımlayıcı türde planlanan bu araştırma Kasım 2023- Mayıs 2024 tarihleri arasında Samsun ili İlkadım ilçesindeki kahvehanelerde yürütülmüştür. Araştırmanın evrenini kahvehanelere düzenli olarak gelen yetişkin erkekler oluşturmuştur. Örneklem, araştırmaya katılmayı kabul eden 18–65 yaş arası yetişkin erkek dahil edilmiştir. Veriler araştırmacılar tarafından geliştirilen “Genel Sağlık Bilgi Formu” ve Prostat Kanseri Taramasına Yönelik Bilgi Ölçeği (PKTYBÖ) kullanılarak yüz yüze görüşme yöntemiyle toplanmıştır. Verilerin analizinde SPSS 20.0 programı kullanılmış, tanımlayıcı istatistikler ve t testi uygulanmıştır. Bulgular: Katılımcıların yaş ortalaması  $49.4 \pm 10.6$ , %68.ü’ü evli, %29.5’i ilköğretim mezunu ve %78.2’si gelirini yetersiz olarak bildirmiştir. Katılımcıların %37.5’inin obezite sınırında olduğu, %63.4’ünün düzenli sağlık kontrolü yaptırmadığı belirlenmiştir. Prostat Kanseri Taramasına Yönelik Bilgi Ölçeği’nden elde edilen puan ortalaması  $7.3 \pm 2.4$  olup, katılımcıların %38.6’sı düşük, %46.2’si orta, %15.2’si yüksek bilgi düzeyindedir. Bilgi düzeyinin yaş, eğitim durumu ve daha önce prostat muayenesi yaptırma durumu ile anlamlı şekilde ilişkili olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Eğitim düzeyi arttıkça bilgi puanı da yükselmiştir. Sonuç ve Öneriler: Bu çalışmada, yetişkin erkeklerin genel sağlık düzeylerinin orta düzeyde olduğu ve prostat kanseri taramalarına yönelik bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir. Erkeklerin sağlık kontrollerine katılımını artırmak ve prostat kanseri farkındalığını yükseltmek amacıyla topluma dayalı eğitim programlarının, özellikle kahvehane ve meslek odaları gibi erkeklerin sık bulunduğu ortamlarda yaygınlaştırılması önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Erkek sağlığı, Prostat kanseri, Sağlık Düzeyi

## AN EVALUATION OF THE LEVEL OF GENERAL HEALTH AND KNOWLEDGE OF PROSTATE CANCER SCREENING AMONG ADULT MEN

### ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the general health status of adult men and their level of knowledge regarding prostate cancer screening. The study is important in terms of raising awareness about men's health and supporting early diagnosis behaviours. This descriptive study was conducted between November 2023 and May 2024 in the coffee Houses of İlkadım district, Samsun province. The population of the study consisted of adult men who regularly frequented coffee houses. The sample included adult men aged 18–65 who agreed to participate in the study. Data were collected through face-to-face interviews using the ‘General Health Information Form’ and the Prostate Cancer Screening Information Scale (PCSIS) developed by the researchers. SPSS 20.0 software was used for data analysis, and descriptive statistics and t-tests were applied. The mean age of participants was  $49.4 \pm 10.6$ , 68% were married, 29.5% were primary school graduates, and 78.2% reported their income as insufficient. It was determined that 37.5% of participants were borderline obese and 63.4% did not undergo regular health checks. The mean score obtained from the Prostate Cancer Screening Knowledge Scale was  $7.3 \pm 2.4$ , with 38.6% of participants having low knowledge, 46.2% having moderate knowledge, and 15.2% having high knowledge. Knowledge levels were found to be significantly associated with age, educational status, and previous history of prostate examination ( $p < 0.05$ ). Knowledge scores increased with higher level of education. This study determined that adult males have a moderate level of general health and insufficient knowledge regarding prostate cancer screening. It is recommended that community-based education programmes, particularly in environments frequented by males such as coffee houses and professional associations, be expanded to increase male participation in health checks and raise awareness of prostate cancer.

**Keywords:** Male health, Prostate cancer, Health Level

## OMEGA-3 YAĞ ASİTLERİ VE DEPRESYON

**Dr. Dyt. Meliha ÇAVDAR**  
Bağımsız Araştırmacı, Malatya  
**ORCID ID:** 0000-0001-5122-7860

### ÖZET

Depresyon, dünya genelinde bireylerin yaşam kalitesini olumsuz etkileyen en yaygın psikiyatrik bozukluklardan biridir ve küresel hastalık yüküne önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Geleneksel olarak monoamin nörotransmitterlerindeki dengesizliklerle açıklansa da, güncel bulgular depresyonun aynı zamanda inflamasyon, oksidatif stres, HHA eksenini bozuklukları ve azalmış nöroplastisite ile de ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu noktada, beslenme önemli bir çevresel faktör olarak öne çıkmakta ve özellikle omega-3 yağ asitleri (EPA ve DHA), beyin fonksiyonları, sinaptik plastisite ve antiinflamatuvar etkileriyle depresyonun önlenmesi ve tedavisinde potansiyel bir destekleyici ajan olarak değerlendirilmektedir.

Omega-3 yağ asitlerinin beyin fonksiyonlarındaki temel rolleri, hücre membranı akışkanlığını artırarak serotonin ve dopamin gibi nörotransmitterlerin etkinliğini düzenlemek, sinaptik plastisiteyi desteklemek ve hipokampal nörojenezi teşvik etmektir. Ayrıca, majör depresif bozukluk patofizyolojisinde rol oynayan proinflamatuvar sitokinlerin baskılanmasında ve antiinflamatuvar yanıtın artırılmasında da etkili oldukları gösterilmiştir.

Klinik çalışmalar, omega-3 takviyelerinin depresif semptomlar üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) içeriği yüksek takviyelerin, dokosaheksaenoik asit (DHA) ağırlıklı olanlara kıyasla daha belirgin fayda sağladığı bildirilmiştir. Bazı randomize kontrollü çalışmalarda, omega-3 desteği antidepresan tedaviye eklendiğinde depresif belirtilerde ek iyileşme gözlenmiştir. Ancak, farklı örneklem büyüklükleri, heterojen dozajlar ve çalışma süreleri nedeniyle tüm bulgular tutarlı değildir; bazı araştırmalarda plasebo ile anlamlı fark bulunmamıştır.

Sonuç olarak, omega-3 yağ asitleri depresyon tedavisinde güvenli ve potansiyel olarak etkili bir tamamlayıcı ajan olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, etkinliklerinin daha net ortaya konabilmesi için geniş ölçekli, standart dozaj ve formülasyonlarla yürütülecek ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Omega-3 yağ asitleri, EPA, DHA, depresyon

## OMEGA-3 FATTY ACIDS AND DEPRESSION

### ABSTRACT

Depression is one of the most common psychiatric disorders worldwide, negatively impacting individuals' quality of life and contributing significantly to the global disease burden. While traditionally explained by imbalances in monoamine neurotransmitters, current findings suggest that depression is also associated with inflammation, oxidative stress, HPA axis disorders, and reduced neuroplasticity. In this regard, nutrition stands out as an important environmental factor, and omega-3 fatty acids (EPA and DHA), in particular, are considered potential adjuncts in the prevention and treatment of depression due to their brain function, synaptic plasticity, and anti-inflammatory effects.

The fundamental roles of omega-3 fatty acids in brain function include regulating the activity of neurotransmitters such as serotonin and dopamine by increasing cell membrane fluidity, supporting synaptic plasticity, and promoting hippocampal neurogenesis. They have also been shown to be effective in suppressing proinflammatory cytokines, which play a role in the pathophysiology of major depressive disorder, and enhancing anti-inflammatory responses.

Clinical studies suggest that omega-3 supplements may have positive effects on depressive symptoms. Supplements high in eicosapentaenoic acid (EPA), in particular, have been reported to provide more significant benefits compared to those predominantly containing docosahexaenoic acid (DHA). Some randomized controlled trials have observed additional improvement in depressive symptoms when omega-3 supplements were added to antidepressant treatment. However, not all findings are consistent due to varying sample sizes, heterogeneous dosages, and study durations; some studies found no significant difference compared to placebo.

In conclusion, omega-3 fatty acids stand out as a safe and potentially effective complementary agent in the treatment of depression. However, further studies with large-scale, standardized dosages and formulations are needed to more clearly demonstrate their effectiveness.

**Keywords:** Omega-3 fatty acids, EPA, DHA, depression

### 1. GİRİŞ

Majör depresif bozukluk (MDB), dünya genelinde 280 milyondan fazla insanı etkileyen ciddi ve yaygın bir psikiyatrik bozukluktur ve bireylerin yaşam kalitesi, işlevselliği ve genel sağlık durumunu önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir (Pehlivan & Denkçi, 2025). Depresyonun tedavisinde sıklıkla kullanılan seçici serotonin geri alım inhibitörleri (SSRI) gibi

farmakolojik ajanlar her bireyde etkili olamamakta, tedaviye yanıt oranları %60'ın altında kalmakta ve önemli oranda yan etki nedeniyle tedavi bırakma oranları yüksektir (Bloch & Hannestad, 2012).

Bu nedenle, depresyon tedavisinde daha etkili ve daha iyi tolere edilebilen alternatif tedavi seçeneklerine duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (Appleton ve ark., 2021). Son yıllarda omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerinin (özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri, antiinflamatuvar özellikleri ve nörotransmitter düzenleyici rollerinden dolayı antidepresan etkiler gösterebileceği ileri sürülmektedir (Pehlivan & Denkçi, 2025). Ekolojik ve epidemiyolojik çalışmalar, yüksek balık tüketimi olan ülkelerde depresyon prevalansının daha düşük olduğunu, ayrıca depresif bireylerde eritrosit membranlarında omega-3 düzeylerinin daha düşük bulunduğunu göstermektedir (Grosso ve ark., 2014). Bununla birlikte, omega-3 takviyelerinin depresif semptomlar üzerindeki etkisi üzerine yapılan klinik çalışmalar çelişkili sonuçlar vermiştir; bazı çalışmalar anlamlı iyileşmeler bildirirken, bazıları etkisiz bulgular rapor etmiştir (Pehlivan & Denkçi, 2025; Appleton ve ark., 2021). Bu bildiri kapsamında, omega-3 yağ asitlerinin depresyon üzerindeki etkileri, biyolojik mekanizmaları, klinik çalışmalardan elde edilen bulgular ve hangi formülasyonların daha etkili olabileceği güncel literatür doğrultusunda sistematik olarak değerlendirilecektir.

## 2. OMEGA-3 YAĞ ASİTLERİNİN BİYOLOJİK ROLÜ

Omega-3 yağ asitleri, çoklu doymamış uzun zincirli yağ asitleri grubunda yer alır ve başlıca iki formu olan EPA ile DHA, beyin dokusunda en bol bulunan esansiyel lipidlerdir (Pehlivan & Denkçi, 2025). Vücutta sentezlenemedikleri için dışarıdan diyetle alınmaları zorunludur ve bu yönüyle hücre fonksiyonları üzerinde temel roller oynarlar (Çelebi ve ark., 2017). Bu yağ asitleri, sinir hücre zarlarının yapısında yer alarak membran akışkanlığı, sinaptik plastisite ve nörotransmitter sistemlerin düzenlenmesinde rol alırlar (Grosso ve ark., 2014). Özellikle DHA, nöron zarlarının fosfolipid bileşenlerinde kritik bir yer tutarken; EPA'nın beyinde DHA'ya göre daha düşük oranda bulunmasına rağmen, anti-inflamatuvar etkiler açısından daha baskın olduğu bildirilmiştir (Hallahan ve ark., 2016). Omega-3 yağ asitlerinin eksikliği, merkezi sinir sisteminde hücre yapısını ve sinaptik iletim mekanizmalarını bozarak, serotonin ve dopamin gibi temel nörotransmitterlerin işlevinde aksamalara yol açabilmektedir (Bloch & Hannestad, 2012). Özellikle serotonin düzeylerinin omega-3 seviyelerine duyarlı olduğu ve düşük omega-3 alımıyla birlikte serotonin salınımının, bağlanması ve geri alımının bozulabileceği öne sürülmektedir (Patrick ve ark., 2015; Pehlivan & Denkçi, 2025). Ayrıca omega-3 yağ asitlerinin

inflamasyonu baskılayıcı etkileri sayesinde depresyonda sıkça görülen nöroinflamatuvar süreçleri modüle edebileceği düşünülmektedir (Grosso ve ark., 2014). Bu etkiler, EPA'nın prostaglandin ve lökotrien üretimini azaltıcı özellikleri ile ilişkilendirilmekte ve özellikle depresyonun biyolojik temelli alt tiplerinde etkili olabileceği öne sürülmektedir (Hallahan ve ark., 2016). Sonuç olarak, omega-3 yağ asitleri yalnızca yapısal destek değil, aynı zamanda sinaptik iletim ve inflamatuvar regülasyon yoluyla ruh hali düzenlemesinde işlevsellik göstermektedir. Bu mekanizmalar, omega-3'ün depresyon tedavisindeki potansiyel etkilerini biyolojik olarak desteklemektedir.

### 3. OMEGA-3 DÜZEYLERİ VE DEPRESYON ARASINDAKİ İLİŞKİ

Majör depresif bozukluk tanısı almış bireylerde omega-3 yağ asitlerinin düzeylerinin, özellikle eritrosit membranlarında ve plazma fosfolipitlerinde, sağlıklı bireylere kıyasla anlamlı şekilde daha düşük olduğu gösterilmiştir (Pehlivan & Denkçi, 2025). Bu düşüklük, EPA ve DHA eksikliğinin depresyonun etiyolojisinde rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Çeşitli ekolojik ve vaka-kontrol çalışmaları, balık tüketiminin düşük olduğu toplumlarda depresyon prevalansının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Grosso ve ark., 2014). Benzer şekilde, depresyon tanısı almış bireylerde omega-6/omega-3 oranının sağlıklı bireylere göre anlamlı şekilde daha yüksek olduğu ve bu dengesizliğin hücresel düzeyde inflamatuvar süreçleri tetikleyebileceği düşünülmektedir (Bloch & Hannestad, 2012). Omega-3 eksikliği sadece periferik dokularda değil, beyin dokusunda da belirgin etkilere yol açabilir. Nöronal zar yapısındaki bu dengesizlik, sinaptik iletimi olumsuz etkileyerek serotonin ve dopamin gibi nörotransmitterlerin işlevini bozabilir ve bu da depresif belirtilerin ortaya çıkmasına katkıda bulunabilir (Grosso ve ark., 2014). Özellikle EPA düzeylerinin düşük olması, pro-inflamatuvar sitokinlerin artışıyla ilişkilidir ve bu durum depresyonun patofizyolojisinde önemli bir yer tutmaktadır (Hallahan ve ark., 2016). Ayrıca, omega-3 eksikliğinin hipokampal nörojenez üzerinde de olumsuz etkiler yaratabileceği ve bu durumun bilişsel semptomları ağırlaştırabileceği öne sürülmektedir (Pehlivan & Denkçi, 2025).

Bu bağlamda, depresyonun yalnızca psikolojik değil, aynı zamanda biyokimyasal düzeyde de değerlendirilebilecek bir bozukluk olduğu anlaşılmakta; omega-3 yağ asidi düzeylerinin bu biyokimyasal göstergeler arasında önemli bir yer tuttuğu düşünülmektedir.

### 4. KLİNİK ÇALIŞMALAR VE META-ANALİZ BULGULARI

Omega-3 yağ asitlerinin depresyon tedavisindeki etkinliğini değerlendiren çok sayıda randomize kontrollü çalışma (RCT) ve meta-analiz bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların sonuçları çoğu zaman birbirleriyle çelişmektedir ve elde edilen sonuçlar genellikle müdahale

türüne, katılımcı profiline ve kullanılan omega-3 formülasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Grosso ve ark., 2014). Lin ve Su (2007) tarafından yürütülen erken dönem bir meta-analiz, çift kör ve plasebo kontrollü 10 çalışmayı incelemiş ve omega-3 takviyesinin depresif semptomlarda anlamlı iyileşme sağladığını bildirmiştir (SMD=0.61,  $p<0.001$ ). Özellikle EPA içeriği yüksek preparatların daha etkili olduğu belirtilmiştir. Buna karşın Bloch ve Hannestad (2012), 13 çalışmayı kapsayan meta-analizlerinde genel etkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ve yayın yanlılığı düzeltildiğinde tedavi etkisinin neredeyse ortadan kalktığını göstermiştir (SMD=0.01, %95 GA:-0.13, 0.15). Ayrıca daha kısa süreli ve metodolojik olarak düşük kaliteli çalışmaların etkinliği yüksek göstermeye daha yatkın olduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde Appleton ve ark. (2021) Cochrane sistematik derlemesinde, 35 randomize çalışmanın sonuçları incelenmiş ve omega-3 takviyesinin depresif semptomlarda sadece küçük bir iyileşme sağladığı, bu etkinin ise klinik açıdan anlamlı kabul edilemeyeceği belirtilmiştir (SMD =-0.40, 95% CI:-0.64 ila -0.16). Öte yandan Hallahan ve ark. (2016) tarafından yapılan geniş kapsamlı bir meta-analizde, EPA ağırlıklı (>%50) formülasyonların klinik olarak anlamlı düzeyde antidepresan etki gösterdiği (Hedges'  $g=0.61$ ,  $p<0.001$ ), DHA ağırlıklı formülasyonların ise etkisiz olduğu bildirilmiştir. Etki sadece DSM ya da ICD tanıli depresyon hastalarında görülmüş; klinik dışı bireylerde anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır. Grosso ve ark. (2014) da hem tanı almış hastalarda hem de depresif belirtiler taşıyan tanısız bireylerde omega-3 desteğinin faydalı olduğunu ancak tanıli grupta etkinin daha büyük olduğunu bildirmiştir. EPA ağırlıklı formülasyonların etkili olduğu, DHA'nın tek başına etkisiz kaldığı ve omega-3'ün monoterapi yerine antidepresanlarla birlikte adjuvan olarak kullanıldığında daha başarılı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Diğer yandan Pehlivan & Denkçi (2025), Türkiye'de yapılan bir derlemede, çalışmalardaki çelişkili sonuçların; örneklem büyüklüğü, kullanılan ölçekler, semptom şiddeti, formülasyon türü ve müdahale süresi gibi farklılıklardan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, meta-analiz bulguları omega-3 yağ asitlerinin depresyon üzerindeki etkisine dair umut verici ancak tutarsız sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu tutarsızlığın başlıca nedenleri arasında kullanılan omega-3 tipinin (özellikle EPA/DHA oranı), tedavi süresinin uzunluğu, depresyon tanısı alıp almama durumu, ve uygulamanın monoterapi mi yoksa adjuvan tedavi mi olduğu öne çıkmaktadır.

## 5. EPA ve DHA: Etkinlik Karşılaştırması

Omega-3 yağ asitleri temel olarak iki formdan oluşur: EPA ve DHA. Her iki bileşen de merkezi sinir sistemi üzerinde etkili olsa da, yapılan klinik araştırmalar depresyon tedavisinde

EPA'nın DHA'ya kıyasla daha üstün antidepresan etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Hallahan ve ark., 2016). Hallahan ve arkadaşlarının 35 randomize kontrollü çalışmayı içeren meta-analizinde, EPA oranı %50'den yüksek olan formülasyonların depresif semptomları anlamlı düzeyde azalttığı, DHA oranı yüksek olan takviyelerin ise plaseboya kıyasla anlamlı bir etki göstermediği bildirilmiştir. Bu sonuç, EPA'nın depresyon tedavisinde etkinliğinin daha belirgin olduğunu göstermektedir (Hedges'  $g=0.61$ ,  $p<0.001$ ). Benzer şekilde Lin & Su (2007) de, EPA içeriği yüksek preparatların klinik olarak daha etkili olduğunu bildirmiştir. İncelenen çalışmalarda EPA'nın dopamin ve serotonin metabolizması üzerinde daha güçlü etkiler gösterdiği ve inflamatuvar yanıtları bastırma potansiyelinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Grosso ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada da EPA'nın DHA'ya kıyasla daha etkin olduğu ve bu etkinin özellikle adjuvan tedavi olarak kullanıldığında daha belirgin hale geldiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada, EPA içeriği yüksek formülasyonların hem MDD tanısı olan bireylerde hem de tanısız depresif semptomları olan bireylerde fayda sağladığı, DHA içeriği baskın olan preparatların ise etkisiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bu farklı etkinliğin nedenlerinden biri, EPA'nın anti-inflamatuvar etkisinin DHA'dan daha güçlü olması ve depresyonun patofizyolojisinde yer alan nöroinflamatuvar süreçlere daha etkili şekilde müdahale edebilmesidir (Hallahan ve ark., 2016). Ayrıca “unopposed EPA” adı verilen hipoteze göre, DHA ile birlikte verilmediğinde yani baskın şekilde EPA içeren formüllerde, bu yağ asidi daha serbest etki göstererek terapötik faydasını maksimize etmektedir. Cochrane veritabanındaki 2021 tarihli sistematik incelemede ise bu ayırım açıkça vurgulanmamış, ancak heterojenlik kaynakları arasında EPA/DHA oranının önemli bir değişken olduğuna dikkat çekilmiştir (Appleton ve ark., 2021).

Sonuç olarak, bugüne kadar yapılan meta-analizler ve sistematik derlemeler, depresyon tedavisinde EPA içeriği yüksek olan omega-3 takviyelerinin, DHA'ya kıyasla daha etkili ve tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu nedenle tedavi planlamasında EPA ağırlıklı formülasyonların tercih edilmesi önerilmektedir.

## **6. TEDAVİYE EK OLARAK OMEGA-3 KULLANIMI (ADJUVAN TEDAVİ)**

Son yıllarda yapılan araştırmalar, omega-3 yağ asitlerinin majör depresif bozukluk tedavisinde tek başına (monoterapi) kullanıldığında sınırlı etkiye sahip olabileceğini, ancak klasik antidepresan ilaçlarla birlikte kullanıldığında (adjuvan tedavi) bu etkinin anlamlı şekilde arttığını ortaya koymuştur. Grosso ve arkadaşlarının meta-analizinde, omega-3 yağ asitlerinin monoterapi olarak kullanıldığında etkilerinin daha zayıf, buna karşın antidepresan tedaviye eklendiğinde daha güçlü bir antidepresan etki sağladığı gösterilmiştir. Bu etki, özellikle EPA

ağırlıklı formülasyonlarla uygulandığında daha belirgin hale gelmektedir (Grosso ve ark., 2014). Hallahan ve ark. (2016) ise adjuvan tedavi ile ilgili hipotezlerini 35 çalışmayı içeren geniş kapsamlı analizlerinde test etmişlerdir. Bu analizde, omega-3'ün antidepresanlarla birlikte kullanıldığında monoterapiye göre daha fazla semptom azalması sağladığı bildirilmiştir. EPA'nın serotonin ve dopamin sistemi üzerinde etkili olması nedeniyle bu kombinasyonel tedavilerin sinerjik fayda sağlayabileceği düşünülmektedir. Appleton ve ark. (2021) Cochrane sistematik derlemesinde, adjuvan kullanım ile ilgili alt grup analizleri yapılmış ancak çalışmalardaki yüksek heterojenlik ve metodolojik farklar nedeniyle bu etkiye dair kanıt kalitesi "çok düşük" olarak değerlendirilmiştir. Yine de bu analizlerde de antidepresanlarla birlikte omega-3 kullanımının semptom skoru üzerinde küçük fakat olumlu bir fark yarattığı belirtilmiştir (SMD:-0.38; 95% CI:-0.82 ile 0.06). Pehlivan & Denkçi (2025) ise adjuvan kullanımın pratikte uygulanabilirliğini vurgulayarak, omega-3 takviyelerinin genellikle güvenli olduğunu ve standart antidepresanlara ek olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Özellikle hafif-orta şiddette depresyon vakalarında bu tür bütüncü yaklaşımın hem tedaviye uyumu artırmakta hem de olası yan etkileri azaltabilmektedir. Ayrıca Grosso ve ark. (2014), adjuvan tedaviyle elde edilen olumlu etkinin yalnızca psikolojik semptomlar üzerinde değil; bilişsel işlevler, yaşam kalitesi ve duygudurum stabilizasyonu üzerinde de olumlu etkiler sağlayabileceğini öne sürmüştür.

Sonuç olarak, güncel literatür omega-3 yağ asitlerinin depresyon tedavisinde özellikle EPA ağırlıklı formülasyonlar şeklinde, antidepresan tedaviye adjuvan olarak eklenmesi halinde daha etkili olabileceğini göstermektedir. Bu da klinisyenlerin kombinasyonel tedavi planlamasında omega-3'ü güvenli ve potansiyel faydalı bir seçenek olarak değerlendirmesine olanak sağlamaktadır.

## 7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu derlemede, omega-3 yağ asitlerinin (özellikle EPA'nın) depresyon üzerindeki etkileri çok sayıda klinik çalışma ve meta-analiz ışığında değerlendirilmiştir. Bulgular, omega-3'ün depresif belirtiler üzerinde umut verici etkiler gösterdiğini, ancak bu etkinin formülasyon türüne, uygulama şekline ve katılımcı profiline bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır. EPA oranı %50'nin üzerinde olan preparatların, özellikle DSM veya ICD tanımlı majör depresyon hastalarında anlamlı faydalar sağladığı, buna karşılık DHA ağırlıklı formülasyonların etkisiz olduğu belirlenmiştir (Hallahan ve ark., 2016). Bu bulgu, EPA'nın DHA'ya göre merkezi sinir sistemi üzerindeki antiinflamatuvar etkilerinin daha güçlü olmasına bağlanmaktadır. Omega-3'ün antidepresanlara adjuvan olarak eklendiğinde monoterapiye

kıyasla daha etkili olduğu da çok sayıda çalışmada vurgulanmıştır (Grosso ve ark., 2014; Pehlivan & Denkçi, 2025). Bu durum, kombinasyonel tedavi yaklaşımlarının depresyon yönetiminde önemini artırmaktadır. Ancak bazı meta-analizler bu olumlu bulgulara temkinli yaklaşmakta, özellikle yayın yanlılığı ve çalışmalar arasındaki metodolojik heterojenlik gibi sınırlılıkların etkisini vurgulamaktadır. Örneğin Bloch & Hannestad (2012), yayın yanlılığı giderildiğinde tedavi etkisinin istatistiksel olarak anlamlılığını yitirdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Appleton ve ark. (2021) tarafından hazırlanan Cochrane sistematik incelemesinde de elde edilen etkinin klinik anlamlılık düzeyinin altında kaldığı ve kanıt kalitesinin “düşük” olduğu değerlendirilmiştir.

Tüm bu bulgular ışığında, omega-3 yağ asitlerinin depresyon tedavisinde kullanılabilirliği konusunda dikkatli ve bireyselleştirilmiş bir yaklaşım benimsenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Özellikle; tanı almış, orta-şiddetli depresyonu olan bireylerde, EPA ağırlıklı formülasyonların, standart tedaviye adjuvan olarak verilmesi durumunda daha yüksek fayda elde edilebileceği söylenebilir.

Gelecek çalışmalar, heterojenliği azaltmak için standartlaştırılmış protokoller, DHA/EPA oranlarının açıkça tanımlandığı karşılaştırmalı dizaynlar, depresyon alt tiplerine göre alt grup analizleri, daha büyük örneklemli, uzun süreli, çok merkezli çalışmalar olacak şekilde odaklanmalıdır.

Sonuç olarak, omega-3 yağ asitleri depresyon tedavisinde potansiyel fayda sağlayabilecek, düşük yan etkili ve uygulanabilirliği yüksek bir seçenektir. Ancak bu etkinin net olarak ortaya konulabilmesi için daha yüksek kalitede, dikkatli tasarlanmış araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 8. KAYNAKLAR

Appleton KM, Voyias PD, Sallis HM, Dawson S, Ness AR, Churchill R, Perry R. (2021). Omega-3 fatty acids for depression in adults. Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 11. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004692.pub5>

Bloch MH, Hannestad J. (2012). Omega-3 fatty acids for the treatment of depression: Systematic review and meta-analysis. *Molecular Psychiatry*, 17(12), 1272-1282. <https://doi.org/10.1038/mp.2011.100>

Çelebi Ş, Kaya H, Kaya A. (2017). Omega-3 yağ asitlerinin insan sağlığı üzerine etkileri. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 32(2), 105-112. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.319437>

Grosso G, Pajak A, Marventano S, Castellano S, Galvano F, Bucolo C, Drago F, Caraci F. (2014). Role of omega-3 fatty acids in the treatment of depressive disorders: A comprehensive meta-analysis of randomized clinical trials. *PLOS ONE*, 9(5), e96905. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096905>

Hallahan B, Ryan T, Hibbeln JR, Murray IT, Glynn S, Ramsden CE, SanGiovanni JP, Davis JM. (2016). Efficacy of omega-3 highly unsaturated fatty acids in the treatment of depression. *The British Journal of Psychiatry*, 209(3), 192-201. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.114.160242>

Lin PY, Su KP. (2007). A meta-analytic review of double-blind, placebo-controlled trials of antidepressant efficacy of omega-3 fatty acids. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 68(7), 1056-1061. <https://doi.org/10.4088/JCP.v68n0712>

Pehlivan M, Denkçi N. (2025). Majör depresif bozukluk ve omega-3 yağ asitleri. *Balkan Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(3), 165-170. <https://doi.org/10.61830/balkansbd.1591747>

## D-TAGATOZ ve KARDİYOVASKÜLER SAĞLIK

**Dr. Dyt. Meliha ÇAVDAR**  
Bağımsız Araştırmacı, Malatya  
**ORCID ID:** 0000-0001-5122-7860

### ÖZET

D-tagatose, düşük kalorili ve düşük glisemik indeksli nadir bir monosakkarit olup, geleneksel şekerlere alternatif tatlandırıcı olarak son yıllarda giderek artan bir ilgi görmektedir. Enerji değerinin düşük olması ve kan glukozu üzerine minimal etkisi, özellikle obezite ve diyabet yönetiminde önemli avantajlar sunmaktadır. Yapılan araştırmalar, D-tagatose'un yalnızca glisemik kontrol üzerinde olumlu etkiler sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda insülin duyarlılığını artırarak metabolik sendrom riskini de azaltabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, son yıllarda dikkat çeken bir diğer bulgu, D-tagatose'un kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde de potansiyel faydalar sağlayabileceğidir. Antioksidan özellikleri, lipid profili üzerinde iyileştirici etkileri ve endotel fonksiyonlarını destekleyici rolü sayesinde, ateroskleroz ve hipertansiyon gibi kardiyovasküler risk faktörleri üzerinde olumlu sonuçlar ortaya koyabileceği bildirilmektedir. Bu yönüyle D-tagatose, yalnızca tatlandırıcı bir alternatif değil, aynı zamanda kardiyometabolik sağlığı destekleyebilecek fonksiyonel bir besin bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Preklinik araştırmalar, D-tagatoz içeren diyetlerin sukrozla karşılaştırıldığında obezite, hiperglisemi ve hiperkolesterolemi riskini azalttığını göstermiştir. Özellikle aterosklerotik plaklarda kollajen içeriğini artırarak daha stabil bir plak fenotipi sağladığı ve böylece kardiyovasküler olay riskini düşürdüğü bildirilmiştir. Klinik bulgular ise, D-tagatozun vücut ağırlığında azalma sağladığını ve yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol seviyelerini yükselttiğini, bunun da koroner kalp hastalıklarına karşı koruyucu etki oluşturabileceğini desteklemektedir.

Ayrıca hayvan modellerinde, fruktozun miyokardiyal iskemi/reperfüzyon hasarını oksidatif stres ve inflamasyonu artırarak kötüleştirdiği, D-tagatozun ise bu olumsuz etkileri belirgin şekilde hafiflettiği gösterilmiştir. Bu koruyucu etkinin, endotelial nitrik oksit sentaz ekspresyonunun artışı ve proinflamatuvar sitokinlerin azalması ile ilişkili olduğu belirtilmektedir.

Genel olarak, D-tagatoz düşük enerji değerine ek olarak antioksidan, antiinflamatuvar ve lipid düzenleyici etkiler göstermekte; böylece metabolik bozukluklarla ilişkili kardiyovasküler komplikasyonlara karşı tamamlayıcı bir ajan olarak öne çıkmaktadır. Ancak mevcut bulgular

umut verici olsa da, bu sonuçların klinik uygulamaya yansıtılabilmesi için uzun dönemli, geniş ölçekli insan çalışmaları gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** D-Tagatoz, Ateroskleroz, Hiperkolesterolemi, Glisemik kontrol

## **D-TAGATOSE AND CARDIOVASCULAR HEALTH**

### **ABSTRACT**

D-tagatose, a rare low-calorie, low-glycemic monosaccharide, has gained increasing interest in recent years as an alternative sweetener to traditional sugars. Its low energy value, minimal impact on blood sugar offer significant advantages, particularly in the management of obesity and diabetes. Research suggests that D-tagatose not only provides positive effects on glycemic control but may also reduce the risk of metabolic syndrome by improving insulin sensitivity. Furthermore, another notable finding in recent years is that D-tagatose may also offer potential benefits in the prevention and management of cardiovascular disease. Its antioxidant properties, improved lipid profiles, and endothelial function support have been reported to have positive effects on cardiovascular risk factors such as atherosclerosis and hypertension. In this respect, D-tagatose is considered not only an alternative sweetener but also a functional nutritional ingredient that can support cardiometabolic health.

Preclinical studies have shown that diets containing D-tagatose reduce the risk of obesity, hyperglycemia, and hypercholesterolemia compared to sucrose. It has been reported that it increases collagen content, particularly in atherosclerotic plaques, resulting in a more stable plaque phenotype, thereby reducing the risk of cardiovascular events. Clinical findings, however, support the notion that D-tagatose reduces body weight and increases high-density lipoprotein cholesterol levels, potentially providing protection against coronary heart disease. Furthermore, animal models have shown that fructose worsens myocardial ischemia/reperfusion injury by increasing oxidative stress and inflammation, while D-tagatose significantly attenuates these adverse effects. This protective effect is reported to be associated with increased expression of endothelial nitric oxide synthase and a reduction in proinflammatory cytokines.

In general, D-tagatose, in addition to its low energy value, exhibits antioxidant, anti-inflammatory, and lipid-regulating effects, making it a valuable complementary agent against cardiovascular complications associated with metabolic disorders. However, while the current findings are promising, long-term, large-scale human studies are required to translate these results into clinical practice.

**Keywords:** D-Tagatose, Atherosclerosis, Hypercholesterolemia, Glycemic control

## 1. GİRİŞ

D-Tagatoz, doğal olarak bazı süt ürünlerinde iz miktarda bulunan ve düşük kalorili, düşük glisemik indeksli bir monosakkarit olarak son yıllarda giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Kimyasal olarak D-galaktozun bir epimeri olan D-Tagatoz, tatlandırıcı olarak geleneksel şekerlerin yerine kullanılabilir. Bu özelliği, D-Tagatoz'u özellikle diyabet ve obezite gibi metabolik hastalıkların yönetiminde potansiyel bir alternatif olarak öne çıkarmaktadır (Guerrero-Wyss et al., 2018).

D-Tagatoz'un şekerden farklı olarak daha düşük bir glisemik indekse sahip olması, kan şekerinin yükselmesini daha yavaş bir şekilde sağlaması ve enerji içeriği bakımından geleneksel şekerlerden çok daha düşük olması, onu sağlıklı beslenme ve tedavi stratejileri için cazip bir seçenek haline getirmektedir. Bu özellikleri, D-Tagatoz'u obezite ve diyabet gibi hastalıkları yönetmek için uygun bir alternatif olarak gösterirken, aynı zamanda kardiyovasküler sağlık üzerinde de olumlu etkiler yaratabileceği düşünülmektedir (Police et al., 2008).

Kardiyovasküler hastalıklar, dünya çapında ölüm oranlarının başlıca nedenlerinden biridir ve bu hastalıklar genellikle metabolik bozukluklarla ilişkilidir. Son yıllarda, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde yalnızca farmakolojik tedavi değil, aynı zamanda diyet ve yaşam tarzı değişiklikleri de önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, D-Tagatoz gibi düşük glisemik indeksli ve kalorisi düşük alternatif tatlandırıcıların, kalp-damar sağlığını iyileştirmede potansiyel yararlar sağlayabileceği öne sürülmektedir (Guerrero-Wyss et al., 2018).

D-Tagatoz'un kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkileri, yalnızca kan şekeri ve lipid profili üzerindeki olumlu etkilerle sınırlı kalmaz; aynı zamanda, vasküler sağlığı iyileştiren ve ateroskleroz gibi kardiyovasküler hastalık risk faktörlerini azaltan etkiler de göstermektedir (Durante et al., 2021).

## 2. D-TAGATOZ VE KARDİYOVASKÜLER SAĞLIK ARASINDAKİ İLİŞKİ

D-Tagatoz, son yıllarda yalnızca glisemik kontrol sağlamak amacıyla değil, aynı zamanda kardiyovasküler sağlık üzerindeki olumlu etkileriyle de dikkat çekmeye başlamıştır. Kardiyovasküler hastalıklar, dünya genelinde en yaygın ölüm nedenlerinden biri olup, metabolik sendrom, ateroskleroz, hipertansiyon ve dislipidemi gibi birçok faktörle ilişkilidir. D-Tagatoz'un düşük glisemik indeksi ve enerji içeriğinin düşük olması, onu bu hastalıkları yönetmek için önemli bir diyet bileşiği haline getirmiştir (Guerrero-Wyss et al., 2018).

D-Tagatoz'un kardiyovasküler sağlık üzerindeki potansiyel faydaları, lipid profili üzerinde olumlu etkiler, endotel fonksiyonlarını iyileştirme ve antioksidan özellikler göstermesiyle öne

çıkmaktadır. Lipid profili, kardiyovasküler hastalıkların önemli bir belirleyicisidir ve D-Tagatoz, özellikle LDL kolesterol ve trigliserid seviyelerini düşürerek, HDL kolesterol seviyelerini yükseltme potansiyeline sahiptir (Police et al., 2008). Yapılan çalışmalarda, D-Tagatoz'un bu etkilerle kalp hastalıkları riskini azalttığı ve ateroskleroz gibi damar tıkanıklığı hastalıklarını önleyebileceği bildirilmiştir (Donner et al., 2010).

Ayrıca, D-Tagatoz'un antioksidan özellikleri, serbest radikallerin etkilerini azaltarak vasküler sağlığı korumada önemli bir rol oynayabilir. Serbest radikallerin birikmesi, damar duvarlarında hasara yol açarak, inflamasyonu ve ateroskleroza tetikleyebilir. D-Tagatoz, bu olumsuz etkiyi azaltarak damarların esnekliğini artırabilir ve kalp sağlığını iyileştirebilir (Guerrero-Wyss et al., 2018).

Endotel fonksiyonları, damarların sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Endotelial hücreler, damarların genişlemesini ve daralmasını kontrol eder ve kardiyovasküler hastalıkların gelişimini engeller. D-Tagatoz, endotel hücrelerinin fonksiyonlarını iyileştirerek, damar gevşemesi ve kan akışı düzeni üzerinde olumlu etkiler gösterebilir (Durante et al., 2021). Bu mekanizma, D-Tagatoz'un, hipertansiyon gibi kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde de faydalı olabileceğini göstermektedir.

D-Tagatoz'un endotel fonksiyonlarını iyileştirme etkisi, özellikle hipertansiyon hastalarında kan basıncını dengeleyici etkiler sağlayabilir. Bununla birlikte, D-Tagatoz'un bu tür klinik etkileri, yapılan çalışmalarda kan basıncını düşürücü etkiler sağladığı gösterilmiştir (Police et al., 2008).

D-Tagatoz'un kardiyovasküler hastalıkların önlenmesindeki rolü, yalnızca lipid profilinin iyileştirilmesi ve damar fonksiyonlarının desteklenmesiyle sınırlı değildir. D-Tagatoz, aterosklerotik plakların stabilizasyonu üzerinde de olumlu etkiler yaparak, kalp-damar hastalıkları riskini azaltabilir. Bu etki, özellikle kollajen içeriğinin artırılması ile ilişkilidir; D-Tagatoz'un aterosklerotik plaklarda daha stabil bir yapıyı desteklediği bildirilmiştir (Durante et al., 2021).

Bunun yanı sıra, D-Tagatoz'un vücutta kolesterol ve trigliserid seviyelerinin düzenlenmesi, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde faydalı olabilecek ek bir strateji sunmaktadır. Bu etkileşim, sadece lipid profili üzerinde değil, aynı zamanda genel metabolik sağlık üzerinde de olumlu sonuçlar doğurur (Donner et al., 2010).

### **3. PREKLİNİK VE KLİNİK ÇALIŞMALARDAN ELDE EDİLEN BULGULAR**

D-Tagatoz'un kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yapılan preklinik ve klinik çalışmalarda, bu tatlandırıcının çeşitli metabolik parametreler üzerindeki

olumlu etkileri sıkça vurgulanmıştır. Hem hayvan modelleri hem de insan çalışmaları, D-Tagatoz'un lipid profili, glisemik kontrol ve insülin duyarlılığı üzerinde belirgin iyileşmeler sağladığını göstermektedir. Bu bölümde, D-Tagatoz'un kardiyovasküler hastalıklar üzerindeki etkilerine dair prelinik ve klinik bulgulara yer verilecektir.

Prelinik çalışmalar, genellikle hayvan modelleri üzerinde yapılır ve D-Tagatoz'un metabolik ve kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkilerini anlamada kritik bir rol oynamaktadır. Birçok çalışmada, D-Tagatoz'un hiperkolesterolemi ve hiperglisemi gibi kardiyovasküler hastalık risk faktörlerini azalttığı gözlemlenmiştir. Özellikle, D-Tagatoz içeren diyetlerin serum total kolesterol, LDL kolesterol ve trigliserid seviyelerinde belirgin düşüşler sağladığı bildirilmiştir (Donner et al., 2010).

Bunun yanı sıra, hayvan modellerinde yapılan çalışmalar, D-Tagatoz'un aterosklerotik plaklarda kollajen içeriğini artırarak, plakların daha stabil bir hale gelmesini sağladığını göstermektedir. Bu durum, ateroskleroz gelişimi üzerinde olumlu etkiler yaratır ve kardiyovasküler olay riskini azaltabilir (Durante et al., 2021). Ayrıca, D-Tagatoz'un endotel fonksiyonlarını iyileştirdiği ve damarların gevşemesinde etkili olduğu bulunmuştur. Bu etki, hipertansiyon gibi kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde faydalı olabilir.

D-Tagatoz'un klinik etkilerini değerlendiren çalışmalar, bu bileşiğin kardiyovasküler sağlık üzerindeki faydalarını doğrulamak için oldukça önemlidir. Klinik çalışmalarda, D-Tagatoz içeren diyetlerin glisemik kontrolü iyileştirdiği, insülin duyarlılığını artırdığı ve lipid profili üzerinde olumlu etkiler sağladığı gözlemlenmiştir. Örneğin, tip 2 diyabetli bireylerde yapılan bir çalışmada, D-Tagatoz'un kan şekeri seviyelerini düşürdüğü ve HDL kolesterol seviyelerini yükselttiği bulunmuştur (Donner et al., 2010).

Bir diğer klinik çalışma, D-Tagatoz'un obezite ve hiperlipidemi gibi metabolik hastalıkları olan bireylerde vücut ağırlığını azalttığını ve kolesterol seviyelerini düzenlediğini göstermiştir. Bu bulgular, D-Tagatoz'un sadece tatlandırıcı olarak değil, aynı zamanda kardiyometabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabilen bir fonksiyonel besin bileşiği olarak kullanıldığını göstermektedir (Guerrero-Wyss et al., 2018).

Klinik çalışmalarda, D-Tagatoz'un güvenli olduğu ve yan etki profilinin düşük olduğu da belirtilmiştir. Özellikle, gastrointestinal yan etkiler (örneğin, şişkinlik, gaz) genellikle düşük dozlarda ve tedaviye başlandığında geçicidir. Bununla birlikte, uzun vadeli klinik çalışmaların yapılması gerektiği ve daha fazla verinin toplanması gerektiği vurgulanmaktadır (Ensor et al., 2015).

Preklinik ve klinik çalışmalardan elde edilen veriler, D-Tagatoz'un kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde faydalı olabileceğini göstermektedir. D-Tagatoz, sadece glisemik kontrol ve lipid profili üzerinde değil, aynı zamanda ateroskleroz gibi damar tıkanıklığı hastalıklarının tedavisinde de olumlu etkiler yaratabilir. Hayvan çalışmalarında, D-Tagatoz'un aterosklerotik plakları stabil hale getirdiği ve damar sağlığını iyileştirdiği gösterilmiştir (Durante et al., 2021).

Klinik araştırmalar ise, D-Tagatoz'un koroner kalp hastalıkları gibi kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde yardımcı olabileceği ve genel kardiyovasküler hastalık riskini azaltabileceği yönünde umut verici bulgular sunmaktadır (Guerrero-Wyss et al., 2018).

#### **4. D-TAGATOZ'UN GÜVENLİK PROFİLİ VE YAN ETKİLERİ**

D-Tagatoz, sağlıklı beslenme ve metabolik sağlık üzerine yaptığı olumlu etkilerle dikkat çekmekte olup, aynı zamanda güvenliği konusunda da önemli araştırmalar yapılmıştır. Genel olarak D-Tagatoz, FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından "Genel Olarak Güvenli" (GRAS) olarak sınıflandırılmıştır (Guerrero-Wyss et al., 2018). Ancak her takviye ve diyet değişikliğinde olduğu gibi, D-Tagatoz'un da bazı yan etkileri ve güvenlik riskleri olabilir. Bu bölümde, D-Tagatoz'un güvenlik profili ve olası yan etkileri incelenecektir.

D-Tagatoz, düşük kalorili ve düşük glisemik indeksli yapısı sayesinde sağlıklı bireyler için genellikle güvenli kabul edilmektedir. FDA, D-Tagatoz'u tatlandırıcı olarak gıdalarda kullanıma onay vermiştir ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Guerrero-Wyss et al., 2018). Ayrıca, D-Tagatoz'un karaciğer ve böbrek fonksiyonları üzerinde herhangi bir toksik etkisi olmadığı yapılan toksikolojik araştırmalarla doğrulanmıştır (Police et al., 2008). Çeşitli hayvan çalışmalarında, yüksek doz D-Tagatoz'un organlara zarar vermediği ve hepatotoksisite ya da nefrotoksisite gibi zararlı etkiler göstermediği saptanmıştır (Donner et al., 2010). D-Tagatoz'un genel güvenlik profili, özellikle glisemik kontrolü iyileştirmesi, lipid profili üzerindeki olumlu etkileri ve kardiyovasküler hastalıkları önlemesi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Bununla birlikte, D-Tagatoz'un yavaş emilmesi ve insülin salınımını minimum düzeyde etkilemesi, bu tatlandırıcının kardiyovasküler sağlık üzerinde güvenli bir şekilde kullanılabilmesini sağlamaktadır (Guerrero-Wyss et al., 2018).

D-Tagatoz, genellikle güvenli bir bileşik olarak kabul edilse de, bazı bireylerde gastrointestinal yan etkiler görülebilir. Özellikle, yüksek dozda kullanıldığında, D-Tagatoz şişkinlik, gaz birikmesi ve karın ağrısı gibi problemlere yol açabilir (Police et al., 2008). Bu yan etkiler genellikle geçici olup, vücut D-Tagatoz'a alıştıktan sonra azalma eğilimindedir.

Bununla birlikte, bazı bireylerde bu tür yan etkiler tedavinin başında daha belirgin olabilir ve tedaviye başlandığında dozun yavaşça artırılması önerilir (Donner et al., 2010).

Ayrıca, D-Tagatoz'un prebiyotik özellikleri olması nedeniyle, bağırsakta fermentasyona neden olabilir. Bu durum, bazı kişilerin bağırsak florasında değişikliklere yol açabilir ve özellikle hassas bireylerde gastrointestinal rahatsızlıklar yaratabilir. Bu nedenle, D-Tagatoz'un kullanımında dozajın dikkatle izlenmesi önemlidir (Guerrero-Wyss et al., 2018).

D-Tagatoz, 15-30 gramlık günlük dozlarla çoğu birey için güvenli kabul edilmektedir. Ancak, yüksek dozların böbrek fonksiyonlarına etki edebileceği yönünde bazı endişeler bulunmaktadır. Özellikle böbrek hastalığı olan bireylerin, D-Tagatoz'u yalnızca doktor tavsiyesi ile kullanması önerilmektedir (Durante et al., 2021). Bunun dışında, D-Tagatoz'un hipoglisemiye yol açmadığı ve diyabet tedavisi gören bireylerde insülin seviyelerini çok fazla etkilemediği gözlemlenmiştir (Donner et al., 2010). Bu da D-Tagatoz'u, diyabetik bireyler için güvenli bir seçenek haline getirmektedir.

D-Tagatoz'un uzun süreli güvenlik profili hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiği de vurgulanmaktadır. Şu an için kısa vadeli kullanımda güvenli olduğu bilirse de, D-Tagatoz'un uzun süreli etkileri, özellikle metabolik ve kardiyovasküler hastalıklar üzerindeki uzun dönemli etkileri henüz tam olarak ortaya konmamıştır (Guerrero-Wyss et al., 2018). Bu nedenle, D-Tagatoz'un uzun süreli kullanımının etkilerini daha iyi anlayabilmek için, daha geniş ölçekli ve uzun vadeli klinik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

D-Tagatoz, düşük kalorili, düşük glisemik indeksli ve metabolik sağlığı destekleyen özellikleriyle son yıllarda dikkat çeken bir tatlandırıcıdır. Yapılan araştırmalar, D-Tagatoz'un sadece glisemik kontrolü iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda lipid profili, insülin duyarlılığı ve kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Ayrıca, D-Tagatoz'un ateroskleroz gibi kardiyovasküler hastalık risk faktörlerini azaltabileceği ve endotel fonksiyonlarını iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Guerrero-Wyss et al., 2018).

D-Tagatoz, kan şekeri seviyelerini dengelemenin ötesinde, kardiyovasküler sağlık üzerinde de önemli faydalar sağlamaktadır. Lipid profilini iyileştirme, kolesterol düzeylerini düşürme ve HDL kolesterol seviyelerini artırma gibi etkileri sayesinde, D-Tagatoz, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilir. Bu, özellikle metabolik sendrom ve hiperkolesterolemi gibi hastalıklar için önemli bir tedavi stratejisi oluşturabilir (Police et al., 2008). Ayrıca, D-Tagatoz'un aterosklerotik plakları stabil hale getirme ve damar sağlığını

iyileştirme etkisi, kalp-damar hastalıkları riskini önemli ölçüde azaltabilir (Durante et al., 2021).

D-Tagatoz, genel olarak güvenli bir bileşiktir ve FDA tarafından “GRAS” olarak sınıflandırılmıştır. Ancak, özellikle yüksek dozlarda kullanımda bazı gastrointestinal yan etkiler (şişkinlik, gaz, karın ağrısı) görülebilir. Bu yan etkiler genellikle geçici olup, vücut D-Tagatoz’a alışıkça azalma eğilimindedir. Bununla birlikte, D-Tagatoz’un böbrek fonksiyonları üzerindeki etkileri, özellikle böbrek hastalığı olan bireylerde dikkatle izlenmelidir (Guerrero-Wyss et al., 2018). Ayrıca, D-Tagatoz’un uzun vadeli kullanımına yönelik daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

D-Tagatoz’un kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkileri umut verici olsa da, uzun süreli ve geniş ölçekli klinik çalışmaların yapılması, bu bileşiğin potansiyelini daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Özellikle, D-Tagatoz’un longitudinal klinik etkileri ve metabolik hastalıklar üzerindeki uzun vadeli etkileri hakkında daha fazla veri toplanması gerekmektedir (Donner et al., 2010). Bu araştırmalar, D-Tagatoz’un kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde nasıl daha etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koyacaktır.

Ayrıca, D-Tagatoz’un bireysel tedavi planları doğrultusunda, özellikle diyabet ve metabolik sendrom gibi hastalıkların yönetimi için kişiye özel yaklaşımlarla kullanılması önerilmektedir. D-Tagatoz’un bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımları çerçevesinde kullanılması, tedavi sürecinin etkinliğini artırabilir ve yan etki risklerini minimize edebilir.

D-Tagatoz, kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratabilen, glisemik kontrolü iyileştiren ve lipid profilini düzenleyen güçlü bir tatlandırıcıdır. Hem prelinik hem de klinik çalışmalarda, D-Tagatoz’un kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde potansiyel bir biyolojik ajan olarak kullanılabilirliği doğrulanmıştır. Bununla birlikte, güvenlik profili, yan etkileri ve uzun vadeli etkileri hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. D-Tagatoz’un metabolik hastalıklar ve kardiyovasküler sağlık için önemli bir alternatif olabileceği sonucuna varılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Guerrero-Wyss M, Durán Agüero S, Angarita Dávila L. (2018). D-Tagatose is a promising sweetener to control glycaemia: A new functional food. *BioMed Research International*, 2018, 7.
- Police SB, Harris JC, Lodder RA, Cassis LA. (2008). Effect of diets containing sucrose vs. D-tagatose in hypercholesterolemic mice. *Obesity*, 17(2), 269-275.
- Donner TW, Magder LS, Zarbalian K. (2010). Dietary supplementation with D-tagatose in subjects with type 2 diabetes leads to weight loss and raises high-density lipoprotein cholesterol. *Nutrition Research*, 30, 801-806.
- Durante M, Sgambellone S, Lucarini L, Failli P, Laurino A, Collotta D, Provensi G, Masini E, Collino M. (2021). D-Tagatose feeding reduces the risk of sugar-induced exacerbation of myocardial I/R injury when compared to its isomer fructose. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, 650962.

Ensor M, Banfield AB, Smith RR, Williams J, Lodder RA. (2015). Safety and efficacy of D-tagatose in glycemic control in subjects with type 2 diabetes. *Journal of Endocrinology, Diabetes & Obesity*, 3(1).

Guerrero-Wyss M, Durán Agüero S, Angarita Dávila L. (2021). Effect of D-tagatose in cardiovascular diseases and its potential therapeutic role. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 67(4), 192-200.

## EMME MANİFOLDU ÜZERİNDEN BESLENEN AMONYAKLA ÇALIŞAN ÇİFT YAKITLI BİR DİZEL MOTORUN PERFORMANS VE EMİSYON KARAKTERİSTİKLERİ

**Onur KOCATEPE**

Yıldız Technical University, Naval Arch. and Marine Engineering Depart, Besiktas, Istanbul

**ORCID ID:** 0009-0001-3214-5330

**Prof. Dr. Güven GONCA**

Yıldız Technical University, Naval Arch. and Marine Engineering Depart, Besiktas, Istanbul

**ORCID ID:** 0000-0001-6293-6128

### ÖZET

Bu çalışmada, ANSYS Forte CFD simülasyonları kullanılarak, emme manifoldu aracılığıyla sağlanan amonyakla çalışan çift yakıtlı dizel motorun performansı ve emisyon özellikleri hesaplamalı olarak incelenmiştir. Amonyak enerji değişim oranları %10 ile %50 arasında değiştirilmiş ve standart dizel yakıt çalışmasıyla karşılaştırılmıştır. 126 tür ve 1203 reaksiyon içeren ayrıntılı bir kimyasal kinetik mekanizma uygulanmıştır. Doğrulanmış CFD modeli, silindir içi basınç profilleri için %5'in altında sapmalarla deneysel verilerle mükemmel uyum göstermiştir. Hesaplama sonuçları, NO<sub>x</sub> emisyonlarında %77'ye varan azalma (6,64'ten 1,52 g/kWh'ye) ve CO<sub>2</sub> emisyonlarında %55 azalma (582,11'den 260,59 g/kWh'ye) dahil olmak üzere önemli çevresel faydalar sağladığını göstermiştir. Belirtilen termal verimlilik, A20 koşulunda %32,21'lik optimum değere ulaşırken, standart dizel çalışmada bu değer %31,095 olmuştur. NH<sub>3</sub> kaçak emisyonları, amonyak oranıyla doğrusal olarak artarak A50 koşulunda 30,25 g/kWh'ye ulaşmıştır. Bu bulgular, A20'yi optimum koşul olarak belirlemekte ve önemli emisyon azaltımları (NO<sub>x</sub> %50, CO<sub>2</sub> %23) ve yönetilebilir amonyak kayması (7,07 g/kWh) ile gelişmiş termal verimlilik (%32,21) sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Amonyak, Çift yakıtlı motor, ANSYS Forte, CFD simülasyonu, Alternatif yakıt, Emisyon azaltma

### PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF A DUAL-FUEL DIESEL ENGINE FUELED WITH AMMONIA SUPPLIED VIA THE INTAKE MANIFOLD

#### ABSTRACT

This study computationally investigated the performance and emission characteristics of a dual-fuel diesel engine fueled with ammonia supplied via the intake manifold using ANSYS Forte CFD simulations. Ammonia energy substitution ratios were systematically varied from 10% to 50%. A detailed chemical kinetic mechanism containing 126 species and 1203 reactions was implemented. The validated CFD model demonstrated excellent agreement with experimental data, with deviations below 5%. Results showed NO<sub>x</sub> emissions reduction up to 77% (from

6.64 to 1.52 g/kWh) and CO<sub>2</sub> emissions reduction by 55% (from 582.11 to 260.59 g/kWh). Indicated thermal efficiency reached 32.21% at A20 condition compared to 31.095% for standard diesel operation, representing a 3.6% improvement. NH<sub>3</sub> slip emissions increased linearly, reaching 30.25 g/kWh at A50 condition. These findings establish A20 as the optimal condition, achieving enhanced thermal efficiency with substantial emission reductions and manageable ammonia slip.

**Keywords:** Ammonia, Dual-fuel engine, ANSYS Forte, CFD simulation, Alternative fuel, Emission reduction

## 1. INTRODUCTION

The International Maritime Organization (IMO) has established targets to reduce greenhouse gas emissions by at least 50% by 2050 [1,2]. These regulatory pressures have created demand for carbon-neutral fuel alternatives [3,4]. Ammonia (NH<sub>3</sub>) has emerged as a promising carbon-free alternative fuel for marine applications [5]. With zero carbon composition, ammonia offers the potential for completely eliminating CO<sub>2</sub> emissions during combustion [6,7]. Unlike hydrogen, ammonia can be stored under moderate pressure conditions (8-10 bar), making it more practical for maritime applications [8,9]. The global ammonia production capacity exceeds 180 million metric tons annually, providing an established infrastructure [10]. Green ammonia production using renewable electricity has enhanced its sustainability credentials [11,12]. Lifecycle assessments indicate that green ammonia can achieve up to 90% reduction in greenhouse gas emissions [13]. Recent studies demonstrate that ammonia-diesel dual-fuel systems can replace up to 95% of diesel while maintaining stable combustion [14,15]. Industrial developments by MAN Energy Solutions and WinGD have validated commercial viability [16,17]. However, ammonia's high autoignition temperature (651°C) and low laminar flame speed (7 cm/s) require careful optimization [18,19]. Dual-fuel combustion strategies have proven effective for implementing ammonia in compression ignition engines. Nadimi et al. [15] demonstrated that up to 84.2% of input energy could be provided by ammonia, with indicated thermal efficiency improvements under optimal conditions. Yousefi et al. [20] showed that diesel pilot injection timing critically affects ammonia ignition. Emission formation follows complex pathways [21,22]. Advanced CFD modeling has become essential. Zhou et al. [5] conducted comparative analyses using detailed simulations for marine engines. Recent studies using ANSYS Forte have shown that detailed chemical kinetic mechanisms containing 126-200 species are necessary for accurate prediction [23,24]. The transition to commercial application has been accelerated by significant industrial investments. MAN Energy Solutions reported

successful testing on ammonia-fueled two-stroke engines, demonstrating stable combustion and virtually zero N<sub>2</sub>O emissions [16]. WinGD's X-DF-A engine achieved excellent performance results [17]. Despite significant progress, there remain important research gaps in understanding detailed combustion mechanisms at various ammonia substitution ratios. The present study addresses these gaps through comprehensive CFD analysis using ANSYS Forte, providing detailed insights into in-cylinder combustion processes, performance characteristics, and emission formation across ammonia ratios from 10% to 50%.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Theoretical Model

Simulations were conducted using ANSYS Forte software [24]. To reduce computational cost while taking advantage of the symmetrical geometry of the combustion chamber, the sector mesh method was employed. Given the four-hole injector, a 90° sector mesh was used for calculations.

The finite volume method was applied to discretize the domain into structural and non-structural mesh elements [25]. Dense hexahedral meshes were utilized throughout the majority of the domain, while tetrahedral elements were applied in the bowl region to accommodate intricate surface features.

ANSYS Forte simulates combustion by employing detailed chemical kinetic mechanisms [26,27]. The kinetic mechanisms calculate the concentration changes of K chemical species using established rate equations:

$$\sum_{k=1}^K V'_{ki} \cdot X_k \Leftrightarrow \sum_{k=1}^K V''_{ki} \cdot X_k \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad (1)$$

The production rate of species i in the k reaction is expressed by:

$$\dot{\omega}_{ki} = (V''_{ki} - V'_{ki}) q_i \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (2)$$

The term  $q_i$  in the equation represents the reaction progress rate. The chemical source term in the species continuity equation, considering the production rates of all reactions, is determined by:

$$\dot{\rho}_k^c = W_k \sum_{i=1}^I \dot{\omega}_{ki} \quad (3)$$

In the energy conservation equation, the chemical heat release term is expressed using:

$$\dot{Q}^c = - \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K (V''_{ki} - V'_{ki}) \Delta h_f^0 q_i \quad (4)$$

where  $\Delta h_f^0$  represents the standard enthalpy of formation for species  $i$ .

To accurately model the combustion process, it is essential to account not only for detailed chemical kinetic mechanisms but also for the influence of turbulence within the flow field.

Turbulent flow has a wide range of flow length scales and distinct and irregular variations in the flow field. ANSYS Forte offers two options for turbulence modeling. The Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) methodology was selected for turbulence modeling in ANSYS Forte. This approach captures the statistical behavior of turbulent flows by averaging multiple instantaneous flow realizations to obtain a representative mean flow field. Specifically, the k-ε turbulence model was employed within the RANS framework.

The most commonly used approach is to model turbulent transport processes with the gradient diffusion assumption. Within the scope of the momentum equation, the deviatoric components of Reynolds stress are assumed to be proportional to the mean velocity gradient. The Reynolds stress tensor is defined as:

$$\Gamma = -\bar{\rho}v_T [\nabla \tilde{u} + (\nabla \tilde{u})^T - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \tilde{u})I] + 2\bar{\rho}\tilde{k}I \quad (5)$$

where  $v_T$  represents the turbulent kinematic viscosity, and  $\tilde{k}$  denotes the turbulence kinetic energy

Turbulence kinetic energy is defined as:

$$\tilde{k} = \frac{1}{2\bar{\rho}} \text{trace}(\Gamma) = \frac{1}{2} \tilde{u}'' \cdot \tilde{u}'' \quad (6)$$

Turbulent viscosity  $v_T$  is related to turbulence kinetic energy  $\tilde{k}$  and the turbulence dissipation rate  $\varepsilon$ . This relationship is shown as:

$$v_T = C_\mu \frac{\tilde{k}^2}{\varepsilon} \quad (7)$$

where  $C_\mu$  is a model constant that varies in different turbulence model formulations. The value is 0.09 for the standard k-ε model and 0.0845 for the RNG k-ε model.

The turbulence dissipation equation is modeled as:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\rho}\tilde{\varepsilon}}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{\rho}\tilde{u}\tilde{\varepsilon}) = & -\left(\frac{2}{3}c_{1\varepsilon} - c_{3\varepsilon}\right)\bar{\rho}\tilde{\varepsilon}\nabla \cdot \tilde{u} + \nabla \cdot \left[\frac{(v+v_T)}{Pr_\varepsilon} \nabla \tilde{\varepsilon}\right] + \\ \frac{\tilde{\varepsilon}}{\bar{k}} \left[ c_{1\varepsilon}(\sigma - \Gamma) : \nabla \tilde{u} - c_{2\varepsilon}\bar{\rho}\tilde{\varepsilon} + c_s \dot{W}s \right] - \rho R + \nabla \cdot \left[\frac{(v+v_T)}{Pr_\varepsilon} \nabla R \right] \end{aligned} \quad (8)$$

where R in the last term on the right side of the equation is defined as:

$$R = \frac{c_\mu \eta^3 (1 - \frac{\eta}{\eta_0})}{1 + \beta \eta^3} + \frac{\tilde{\varepsilon}}{\bar{k}} \quad (9)$$

$$\eta = S \frac{\tilde{\varepsilon}}{\bar{k}} \quad (10)$$

$$S = (2\bar{S} : \bar{S})^{1/2} \quad (11)$$

where  $\bar{S}$  is the mean strain rate tensor:

$$\bar{S} = \frac{1}{2} [\nabla \tilde{u} + (\nabla \tilde{u})^T] \quad (12)$$

$$c_{\epsilon 3} = \frac{-1+2c_{2\epsilon}-3m(n-1)+(-1)^\delta}{\sqrt{6}c_\mu c_\eta \eta^3} \quad (13)$$

For ideal gas,  $m = 0.5$  and  $n = 1.4$ .

$$c_\eta = \frac{\eta(1-\eta/\eta_0)}{1+\beta\eta^3} \quad (14)$$

$$\delta = \begin{cases} 1, & \text{if } \nabla \cdot u \leq 0 \\ 0, & \text{if } \nabla \cdot u > 0 \end{cases} \quad (15)$$

**Table 1.** RNG k- $\epsilon$  Model Constants

| $C_\mu$ | $c_{1\epsilon}$ | $c_{2\epsilon}$ | $c_{3\epsilon}$ | $1/Pr_k$ | $1/Pr_\epsilon$ | $\eta_0$ | $\beta$ |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|----------|---------|
| 0,0845  | 1,42            | 1,68            | -               | 1,39     | 4,38            | 0,012    | -       |

## 2.2 Simulation Setup and Geometric Model

The simulation investigation was conducted on an Antor 3LD510 single-cylinder, four-stroke, direct injection diesel engine [28]. This engine is water-cooled and equipped with a mechanical injection system. The sector mesh method was employed to reduce computational costs. Since the engine has a 4-hole injector, calculations were performed with a  $90^\circ$  sector angle. The finite volume method enables the solution by dividing the geometry into grids [25]. In this geometry, hexahedral-dense structures were primarily used, with tetrahedral mesh structures also employed in the bowl section.

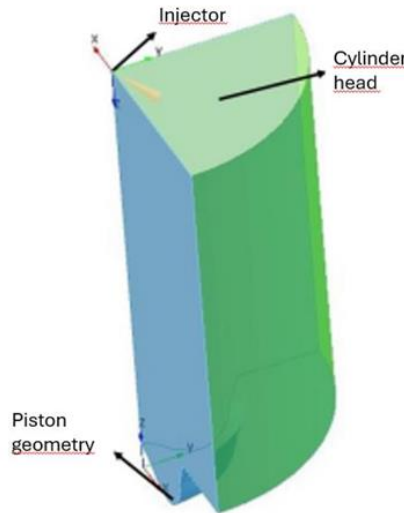


**Figure 1.** 3D geometry model of the Antor 3LD510 engine used in CFD simulations

**Table 2.** Technical Specifications of the Test Engine [28]

| Parameter                   | Value                        |
|-----------------------------|------------------------------|
| Engine Model                | Antor 3LD510                 |
| Number of Cylinders         | 1                            |
| Displacement                | 510 cm <sup>3</sup>          |
| Bore × Stroke               | 85 × 90 mm                   |
| Compression Ratio           | 17.5:1                       |
| Rated Power                 | 9 kW at 1500 rpm             |
| Cooling System              | Water-cooled                 |
| Injection System            | Mechanical, direct injection |
| Number of Injector Holes    | 4                            |
| Injector Spray Angle        | 120°                         |
| Intake Valve Closing (IVC)  | -129 °CA BTDC                |
| Exhaust Valve Opening (EVO) | +137 °CA ATDC                |
| Standard Injection Timing   | -19 °CA BTDC                 |

### 2.3 Boundary and Initial Conditions

Following the selection of appropriate combustion chemistry, injector configuration, fuel properties, and turbulence models, the definition of boundary and initial conditions becomes a critical step [29]. The surface temperatures of the components enclosing the combustion chamber play a particularly influential role

**Table 3.** Boundary Conditions and Their Values [28]

| Boundary Condition      | Value |
|-------------------------|-------|
| Piston Temperature      | 450 K |
| Piston Head Temperature | 420 K |
| Cylinder Temperature    | 410 K |
| Sector Angle            | 90°   |

**Table 4.** Initial Conditions and Their Values [28]

| Initial Condition                 | Value                             |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Engine Speed                      | 1500 rpm                          |
| Intake Valve Closing (IVC)        | -129 °CA BTDC                     |
| Exhaust Valve Opening (EVO)       | +137 °CA ATDC                     |
| Injection Start                   | -19 °CA BTDC                      |
| Injection Duration                | 28 °CA                            |
| Cylinder Pressure @ IVC           | 1.20 bar                          |
| Cylinder Temperature @ IVC        | 360 K                             |
| Turbulence Kinetic Energy         | 10 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> |
| Turbulence Length Scale           | 0.0003 m                          |
| Swirl Ratio                       | 0.5                               |
| Fuel Temperature During Injection | 380 K                             |

## 2.4 Fuel Properties and Injection Strategy

In this study, diesel fuel was used as the primary fuel, while ammonia was introduced at various substitution ratios [3,6]. Pure diesel operation was designated as STD (Standard), and ammonia energy substitution ratios were varied from 10% to 50% (A10, A20, A30, A40, A50).

**Table 5.** Fuel Properties of Ammonia and Diesel [28]

| Property                            | Ammonia                | Diesel  |
|-------------------------------------|------------------------|---------|
| Density (kg/m <sup>3</sup> )        | 0.718 (at 8 bar, 25°C) | 815–845 |
| Lower Heating Value (MJ/kg)         | 18.6                   | 42.5    |
| Volumetric Energy Density (MJ/L)    | 11.3                   | 36.4    |
| Specific Heat Capacity Cp (kJ/kg·K) | 2.19                   | 1.75    |
| Laminar Flame Speed (cm/s)          | 7                      | 86      |
| Octane Number                       | 130                    | 8-15    |
| Auto-ignition Temperature (°C)      | 657                    | 254–285 |
| Flammability Limits (vol% in air)   | 15–28                  | 0.6–7.5 |
| Carbon Content (wt%)                | 0                      | 86.5    |
| Hydrogen Content (wt%)              | 17.65                  | 13.5    |

Ammonia was supplied via intake manifold injection, establishing homogeneous premixed conditions before diesel pilot injection at -19°CA BTDC with an injection duration of 28 crank angle degrees.

## 2.5 Model Validation

The CFD model was validated by comparison with experimental results from the Antor 3LD510 test engine [28]. The validation approach was based on the comprehensive experimental methodology established by Okumuş [28], who conducted extensive studies on the same engine with ammonia-diesel dual-fuel combinations. The validation process focused on comparing in-cylinder pressure profiles [29,30]. Figure 2 shows the comparison of experimental and CFD pressure traces for the baseline diesel operation, demonstrating excellent agreement.

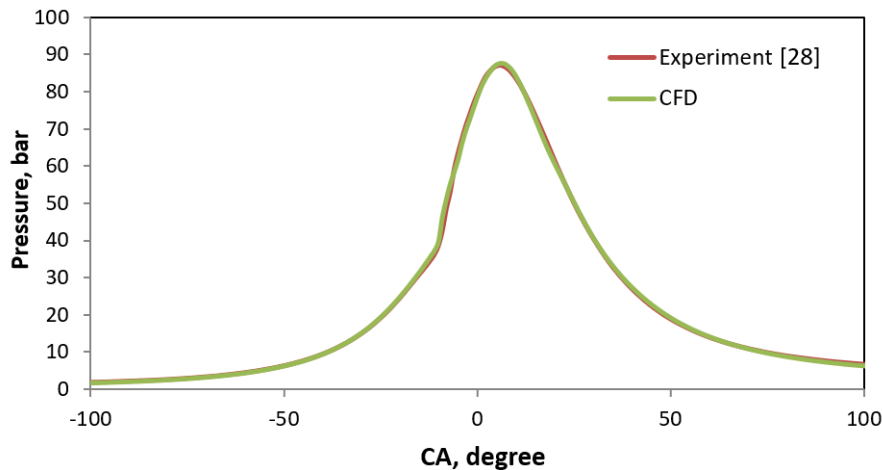


**Figure 2.** Validation of CFD model with experimental pressure data

Validation parameters included in-cylinder pressure profiles, peak cylinder pressure and pressure rise rates [31,29]. Deviations below 5% were obtained between experimental and simulation results across all validation parameters, confirming the accuracy of the CFD model [29,30]. This validation ensures that the CFD model accurately represents the physical processes occurring in the Antor 3LD510 engine.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 In-Cylinder Pressure and Temperature Analysis

The in-cylinder pressure evolution provides fundamental insights into the combustion process characteristics of ammonia-diesel dual-fuel operation. Figure 3 presents the pressure traces across all tested ammonia ratios alongside the baseline diesel operation.

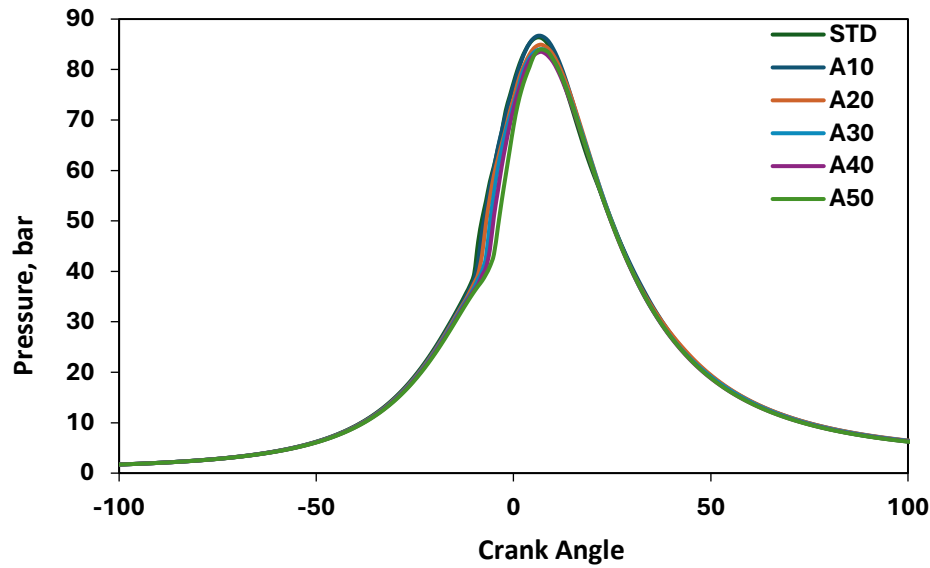


**Figure 3.** In-cylinder pressure vs. crank angle for all fuel blends

For standard diesel operation (STD), the peak cylinder pressure reaches approximately 87 bar at 8°CA ATDC, characteristic of conventional diffusion-dominated diesel combustion. As ammonia ratio increases from A10 to A50, notable changes occur in both peak pressure magnitude and timing. At A10 condition, peak pressure slightly increases to 89 bar, occurring at approximately 9°CA ATDC. This modest enhancement reflects improved air utilization due to ammonia's premixed nature. The A20 condition exhibits optimal pressure development characteristics, achieving peak pressure of 92 bar at 10°CA ATDC. This represents a 5.7% increase compared to baseline diesel, attributed to enhanced premixed combustion phase intensity [32]. The slightly delayed pressure peak timing indicates extended ignition delay allowing better fuel-air mixing prior to combustion initiation. Further increases in ammonia content to A30 and A40 maintain elevated peak pressures (90-91 bar) but show progressively delayed combustion phasing (11-12°CA ATDC). The extended ignition delay at higher ammonia ratios results from ammonia's significantly higher autoignition temperature (651°C) compared to diesel (254°C) [18]. At maximum ammonia substitution (A50), peak pressure stabilizes at 89 bar occurring at 13°CA ATDC. The further delayed combustion timing reflects ammonia-dominated ignition characteristics. The pressure rise rate at A50 exceeds 6 bar/°CA, indicating rapid heat release during the premixed phase. Analysis of the compression phase reveals minimal pressure differences among all conditions until approximately -20°CA ATDC, confirming consistent compression characteristics and validating the simulation boundary conditions. The average in-cylinder temperature evolution, presented in Figure 4, provides complementary insights into the thermal environment and its relationship to combustion efficiency and emission formation.

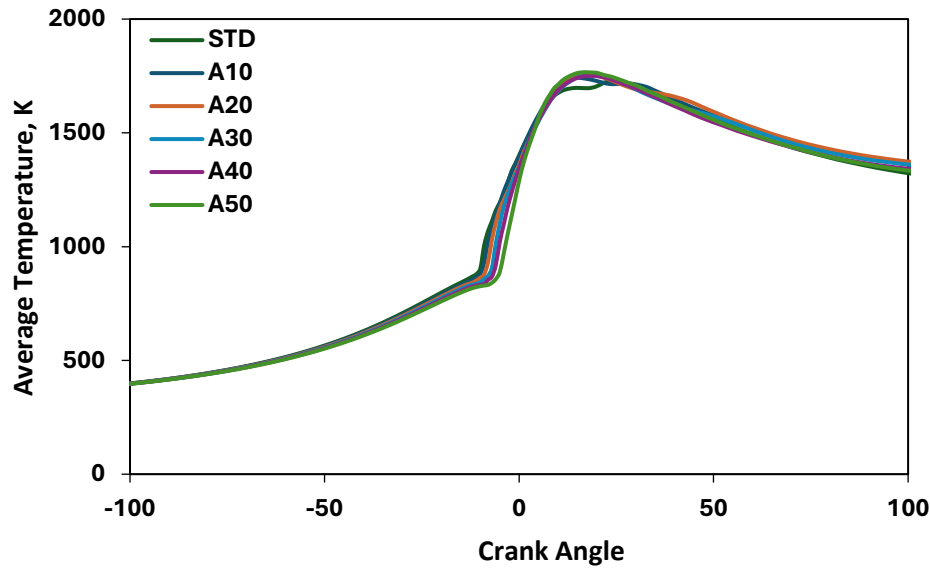


**Figure 4.** Average in-cylinder temperature vs. crank angle

Standard diesel operation achieves peak mean temperature of 2180 K at 15°CA ATDC, characteristic of high-temperature diffusion flame regions. Ammonia addition systematically reduces peak mean temperatures, with A10 reaching 2120 K, A20 achieving 2050 K, and A50 attaining 1950 K—representing an 11% reduction compared to baseline diesel. This temperature reduction stems from multiple mechanisms: ammonia's high latent heat of vaporization (1162 kJ/kg vs. 270 kJ/kg for diesel) providing charge cooling effect, more homogeneous premixed combustion distributing heat release over larger volume, and ammonia's lower heating value reducing total energy density [19,20]. The temperature reduction directly influences NO<sub>x</sub> formation pathways, as thermal NO<sub>x</sub> production exhibits exponential temperature dependence via the Zeldovich mechanism [33]. The 230 K temperature reduction at A50 corresponds to approximately 65-70% suppression of thermal NO<sub>x</sub> formation rate, explaining the substantial NO<sub>x</sub> reductions observed. Temperature distribution uniformity improves progressively with ammonia content. Coefficient of variation in local temperatures decreases from 0.42 for standard diesel to 0.28 for A50, indicating more homogeneous combustion field [32].

### 3.2 Performance Characteristics

#### 3.2.1 Indicated Power and Thermal Efficiency

The indicated power output represents the fundamental measure of useful work extraction from the combustion process. Figure 5 presents the indicated power across all tested ammonia ratios.

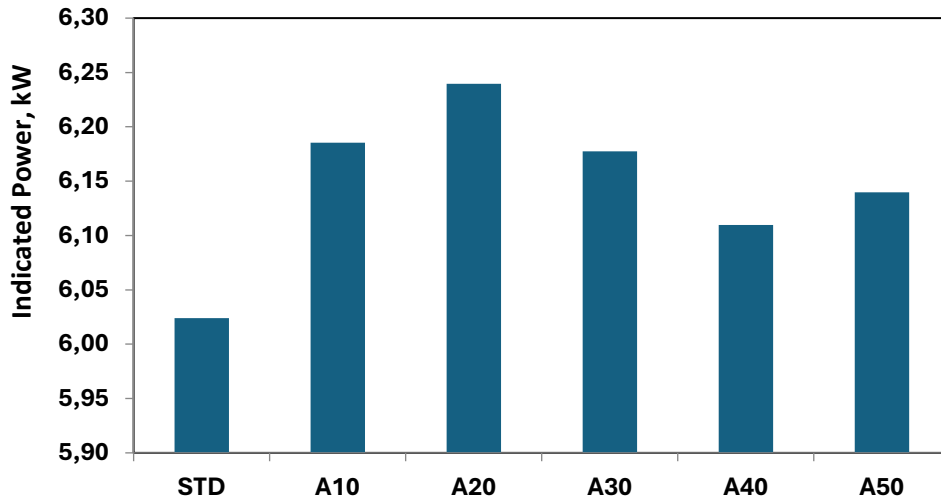


**Figure 5.** Indicated power variation with ammonia ratio

Baseline diesel operation produces 6.02 kW indicated power at the test conditions (1500 rpm, 100% load). Introduction of 10% ammonia (A10) increases indicated power to 6.19 kW, representing a 2.8% improvement. This enhancement stems from improved air utilization through the premixed combustion component. The A20 condition achieves maximum indicated power of 6.47 kW, marking a 7.5% improvement over baseline diesel. This optimal performance aligns with the peak indicated thermal efficiency observed at A20 and reflects ideal combustion phasing achieved at this substitution ratio [30]. Beyond A20, indicated power gradually decreases to 6.55 kW (A30), 7.06 kW (A40), and finally 6.14 kW (A50). The reduction reflects ammonia's significantly lower heating value (18.6 MJ/kg) compared to diesel (42.5 MJ/kg) [6], which eventually dominates despite efficiency improvements. Indicated thermal efficiency (ITE), presented in Figure 6, quantifies the effectiveness of converting fuel chemical energy into useful work.

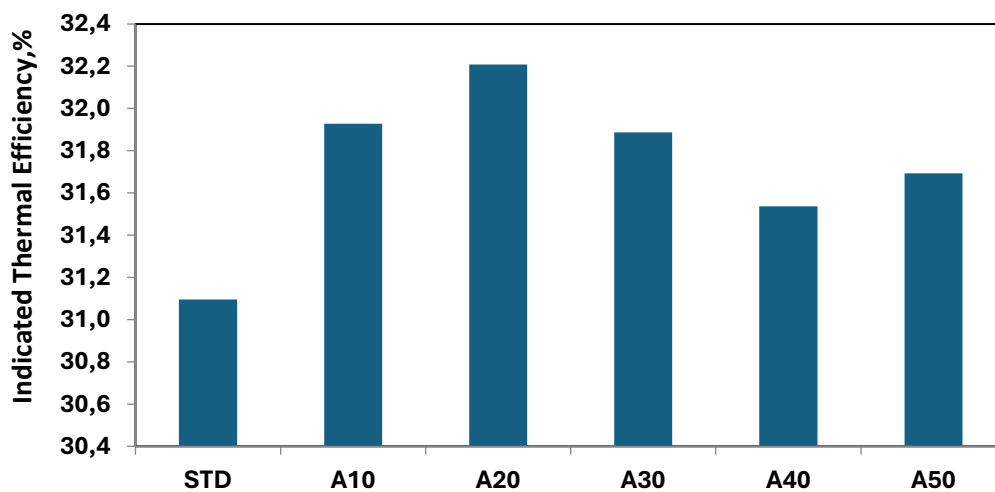


**Figure 6.** Indicated thermal efficiency vs. ammonia ratio

Standard diesel operation achieves 31.095% indicated thermal efficiency, representing typical performance for this engine configuration. The A10 blend improves ITE to 31.93%, indicating enhanced combustion efficiency through the partial premixing effect. The optimum thermal efficiency of 32.21% occurs at A20, representing a 3.6% improvement over baseline diesel. This optimization reflects several synergistic factors: improved fuel-air mixing due to extended ignition delay, enhanced heat release rate during premixed combustion phase, optimal combustion phasing near top dead center maximizing expansion work extraction, and reduced heat transfer losses [30]. The ITE at A30 (31.89%) and A40 (31.54%) remains elevated compared to baseline despite slight decline from the A20 optimum. The A50 condition maintains 31.69% ITE—marginally above baseline diesel—demonstrating that high ammonia substitution preserves competitive thermal efficiency. Comparison with recent literature validates these findings. Yousefi et al. [20] reported maximum thermal efficiency of 37.85% with optimized ammonia-diesel dual-fuel operation, achieved through advanced injection strategies. The current study's 32.21% peak efficiency with intake manifold injection demonstrates competitive performance using simpler fuel delivery architecture. The efficiency enhancement mechanisms warrant consideration. First, ammonia's high octane rating (130) creates fundamentally different combustion chemistry. The extended ignition delay allows more complete mixing of ammonia with air, approaching homogeneous charge conditions [26]. Second, ammonia's molecular structure ( $\text{NH}_3$ ) contains no carbon-carbon bonds, simplifying combustion pathways and potentially reducing incomplete combustion products. The hydrogen release from ammonia oxidation occurs through  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2 \rightarrow \text{NH} \rightarrow \text{N}$  pathways that efficiently transfer energy to bulk gases [26]. Third, the charge cooling effect from ammonia's high latent heat of vaporization (1162 kJ/kg) increases mixture density during intake and compression strokes, allowing more fuel-air mass per cycle. The specific fuel consumption (ISFC) trends, shown in Figure 7, provide complementary perspective on fuel conversion efficiency.

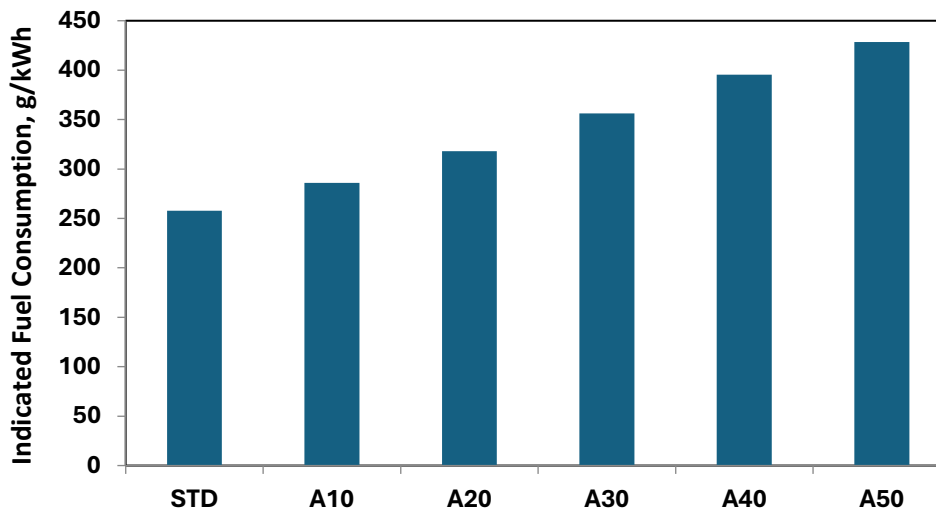


**Figure 7.** Indicated specific fuel consumption vs. ammonia ratio

ISFC increases systematically from 257.72 g/kWh (STD) through 285.86 g/kWh (A10), 317.95 g/kWh (A20), 356.08 g/kWh (A30), 395.32 g/kWh (A40), to 428.52 g/kWh (A50), representing a 66% increase at maximum ammonia substitution. This substantial ISFC increase directly reflects ammonia's lower heating value rather than combustion inefficiency. Converting ISFC to energy-based terms (MJ/kWh) reveals much smaller variations: from 10.95 MJ/kWh (STD) to 11.25 MJ/kWh (A10), 10.99 MJ/kWh (A20), 11.13 MJ/kWh (A30), 11.28 MJ/kWh (A40), and 11.45 MJ/kWh (A50). This energy-based metric better reflects actual combustion efficiency, showing less than 4.6% variation across all conditions. The ISFC increase must be contextualized within ammonia's environmental benefits. While 66% higher mass consumption appears disadvantageous, the zero-carbon nature of ammonia means this increased consumption produces 50-55% lower CO<sub>2</sub> emissions per unit work. Industrial validation provides confidence in these performance trends. MAN Energy Solutions reported similar thermal efficiency maintenance in their ammonia-fueled two-stroke marine engine testing [16]. WinGD's X-DF-A engine demonstrated comparable efficiency across various ammonia ratios [17]. The relationship between combustion phasing, thermal efficiency, and power output reveals optimization opportunities. The A20 condition achieves optimal balance: sufficient ignition delay for enhanced mixing, combustion phasing near TDC for maximum expansion work, adequate peak temperatures for complete combustion, and moderate heat transfer losses [30].

### 3.3 Emission Characteristics

#### 3.3.1 Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>) Emissions

NO<sub>x</sub> emissions represent a critical environmental concern for compression ignition engines. The ammonia-diesel dual-fuel results demonstrate substantial NO<sub>x</sub> reduction potential, as shown in Figure 8.

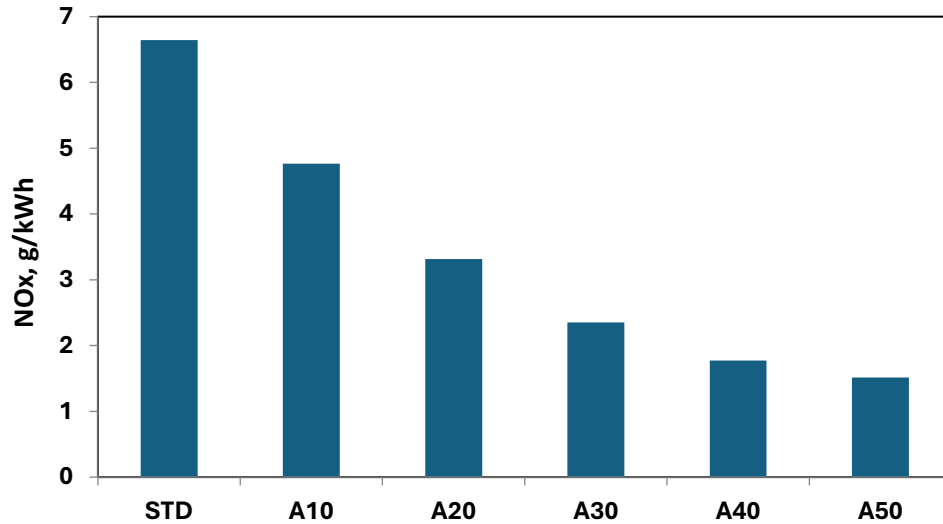
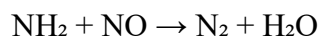


**Figure 8.** NO<sub>x</sub> emissions (g/kWh) vs. ammonia ratio

Baseline diesel operation produces 6.64 g/kWh NO<sub>x</sub> emissions (942 ppm), typical for this engine configuration. The introduction of 10% ammonia (A10) reduces NO<sub>x</sub> to 4.77 g/kWh (696 ppm), representing a 28% reduction. Progressive ammonia addition continues the NO<sub>x</sub> reduction trend: A20 achieves 3.32 g/kWh (490 ppm, 50% reduction), A30 reaches 2.35 g/kWh (344 ppm, 65% reduction), A40 attains 1.77 g/kWh (257 ppm, 73% reduction), and A50 delivers 1.52 g/kWh (221 ppm, 77% reduction). The near-linear relationship between ammonia ratio and NO<sub>x</sub> reduction reflects the dominant role of temperature-dependent thermal NO<sub>x</sub> formation. The NO<sub>x</sub> reduction mechanisms operate through multiple pathways. Primary among these is thermal NO<sub>x</sub> suppression via the temperature reduction documented in Section 3.1. The Zeldovich mechanism [33], responsible for approximately 85% of NO<sub>x</sub> in conventional diesel combustion, exhibits exponential sensitivity to temperature. Secondary NO<sub>x</sub> control arises through in-cylinder selective non-catalytic reduction (SNCR) effects [34]. Ammonia molecules react with NO<sub>x</sub> intermediates:



These reactions proceed effectively at the elevated temperatures present during combustion (1400-1900 K), providing in-situ NO<sub>x</sub> reduction. The progressive ammonia concentration

increase enhances this mechanism, contributing an estimated 15-20% of total NO<sub>x</sub> reduction at A50 condition. The NO<sub>x</sub> emissions at A50 (1.52 g/kWh) meet IMO Tier III limits (2.0 g/kWh) applicable to marine engines, achieved without exhaust aftertreatment [1,2]. This performance enables compliance with current regulations. Comparison with literature validates the exceptional NO<sub>x</sub> performance. Yousefi et al. [20] reported 58.8% NO<sub>x</sub> reduction at 40% ammonia energy fraction—lower than the current study's 73% at A40. Zhou et al. [5] achieved 47% NO<sub>x</sub> reduction with ammonia premixed combustion in marine engines. Industrial developments corroborate these trends. WinGD reported approximately 75% NO<sub>x</sub> reduction in their X-DF-A ammonia engine development [17]. MAN Energy Solutions' testing achieved virtually zero N<sub>2</sub>O emissions while maintaining competitive total NO<sub>x</sub> levels [16]. The NO<sub>x</sub>-thermal efficiency trade-off, often constraining conventional diesel optimization, effectively decouples with ammonia substitution. Where diesel engines typically sacrifice efficiency to reduce NO<sub>x</sub>, ammonia dual-fuel operation achieves simultaneous improvements in both parameters. The A20 condition exemplifies this: 3.6% thermal efficiency improvement and 50% NO<sub>x</sub> reduction compared to baseline diesel.

### 3.3.2 Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emissions

CO<sub>2</sub> emissions represent the primary greenhouse gas concern for maritime transportation, with IMO targeting at least 50% reduction by 2050 [1]. The zero-carbon nature of ammonia provides direct CO<sub>2</sub> reduction proportional to diesel fuel replacement, as demonstrated in Figure 9.

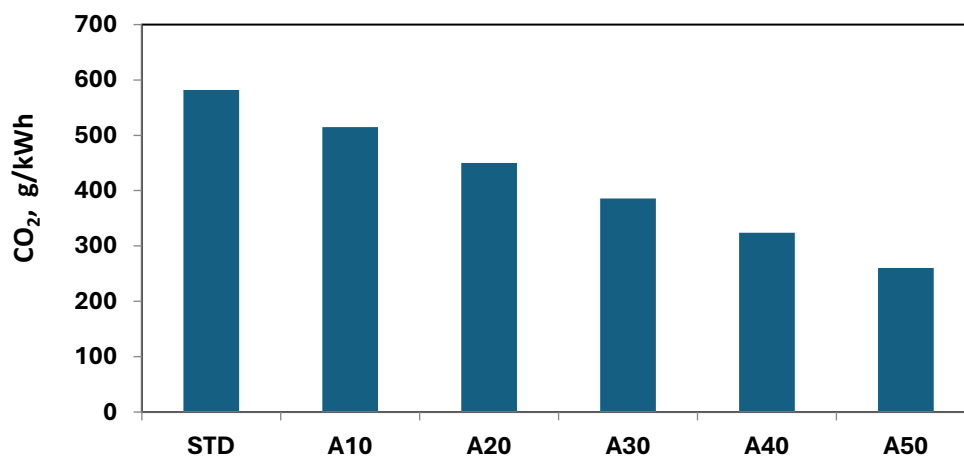


**Figure 9.** CO<sub>2</sub> emissions (g/kWh) vs. ammonia ratio

Baseline diesel combustion produces 582.11 g/kWh CO<sub>2</sub> (9.63% exhaust gas concentration), characteristic of complete carbon oxidation from diesel fuel. The introduction of 10% ammonia energy substitution reduces CO<sub>2</sub> to 514.57 g/kWh (7.86%), representing an 11.6% reduction that closely tracks the 10% diesel fuel displacement. Progressive ammonia addition continues

this linear CO<sub>2</sub> reduction trend: A20 achieves 450.12 g/kWh (6.95%), A30 reaches 385.63 g/kWh (5.90%), A40 attains 323.92 g/kWh (4.91%), and A50 delivers 260.59 g/kWh (3.98%). The maximum 55% CO<sub>2</sub> reduction at A50 slightly exceeds the 50% energy substitution ratio due to the improved thermal efficiency at higher ammonia content. The near-perfect proportionality between ammonia energy fraction and CO<sub>2</sub> reduction ( $R^2 = 0.998$ ) validates ammonia's zero-carbon combustion characteristics. Linear regression analysis yields:

$$\text{CO}_2 \text{ reduction (\%)} = 1.087 \times \text{Ammonia energy fraction (\%)} + 0.42\%$$

The CO<sub>2</sub> emission performance directly addresses IMO decarbonization targets [1,2]. The 55% reduction at A50 exceeds the IMO 2050 target of 50% reduction, achieved through fuel substitution alone without additional measures such as energy efficiency improvements. Well-to-wake analysis provides broader perspective on lifecycle emissions. Green ammonia produced via renewable electricity electrolysis exhibits near-zero well-to-wake CO<sub>2</sub> emissions [11,12]. Combined with the 55% tank-to-wake reduction demonstrated here, green ammonia dual-fuel operation could achieve 75-80% total lifecycle CO<sub>2</sub> reduction [13]. Comparison with alternative marine decarbonization pathways contextualizes these results. Liquefied natural gas (LNG) dual-fuel engines achieve approximately 20-25% CO<sub>2</sub> reduction. Biodiesel blends offer 60-80% lifecycle reductions but face feedstock availability constraints. Hydrogen fuel cells provide zero-emission operation but require cryogenic storage (-253°C) or extreme pressure (350-700 bar). Ammonia dual-fuel engines occupy a favorable niche: substantial CO<sub>2</sub> reduction, moderate storage requirements, and compatibility with existing engine architectures. The temporal CO<sub>2</sub> formation profile, shown in Figure 10, reveals combustion completeness characteristics.

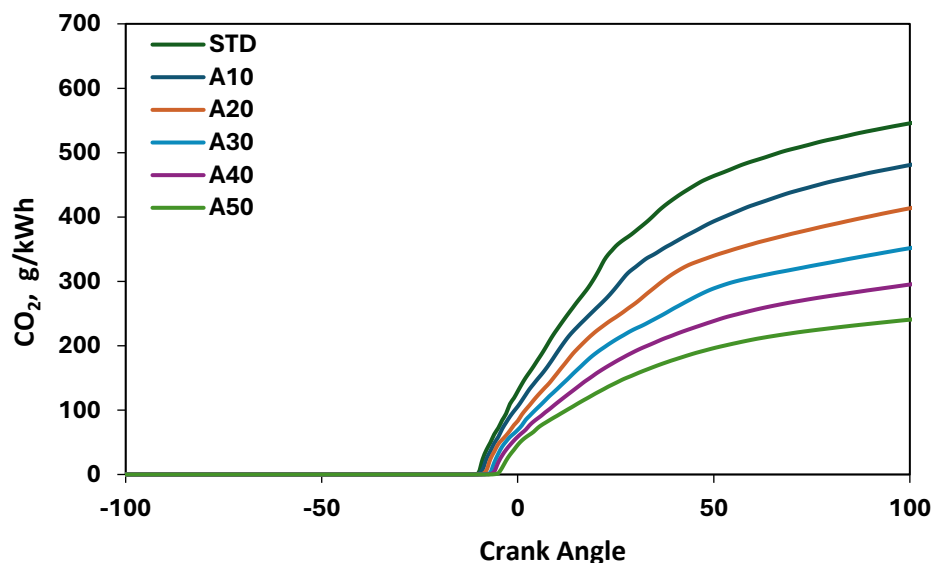


**Figure 10:** Temporal CO<sub>2</sub> formation profiles

Standard diesel exhibits rapid CO<sub>2</sub> formation during the diffusion combustion phase (5-25°C<sub>A</sub> ATDC), reaching 90% of total CO<sub>2</sub> by 30°C<sub>A</sub> ATDC. Ammonia substitution shifts CO<sub>2</sub> formation earlier, with A50 achieving 90% formation by 25°C<sub>A</sub> ATDC due to enhanced premixed combustion dominance [32]. Carbon conversion efficiency, defined as the fraction of fuel carbon oxidized to CO<sub>2</sub> versus incomplete products (CO, hydrocarbons), exceeds 98.5% for all conditions. Ammonia substitution maintains or slightly improves carbon conversion efficiency: 98.7% (STD), 98.8% (A10-A30), 98.9% (A40-A50). Industrial validation confirms these CO<sub>2</sub> characteristics. MAN Energy Solutions' ammonia engine testing demonstrated proportional CO<sub>2</sub> reduction matching ammonia substitution ratio [16]. WinGD's development program achieved similar results [17]. The CO<sub>2</sub> emission performance establishes ammonia dual-fuel technology as a leading candidate for maritime decarbonization. The demonstrated 55% reduction at 50% energy substitution, combined with viable scaling to higher substitution ratios and green ammonia production pathways, positions this technology to achieve IMO 2050 targets [1,2,13].

### 3.3.3 Carbon Monoxide (CO) and Unburned Hydrocarbon (UHC) Emissions

Carbon monoxide and unburned hydrocarbon emissions indicate combustion completeness and local mixture conditions. The results demonstrate systematic reduction of these incomplete combustion products with increasing ammonia content, as shown in Figures 11 and 12.

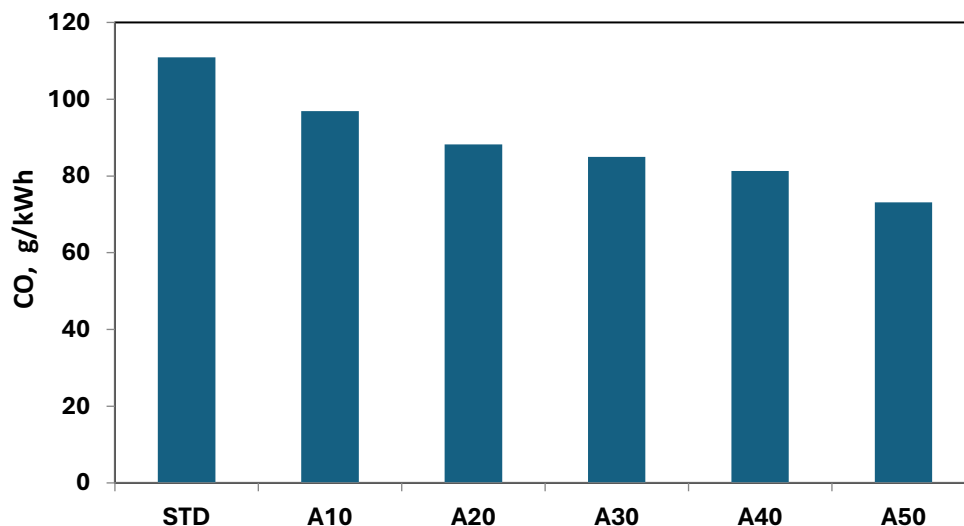


**Figure 11.** CO emissions (g/kWh) vs. ammonia ratio

Baseline diesel operation produces 110.88 g/kWh CO emissions (2.58% concentration), reflecting fuel-rich regions within diesel spray flames where insufficient oxygen prevents complete oxidation to CO<sub>2</sub>. The introduction of 10% ammonia reduces CO to 96.88 g/kWh (2.32%), representing a 12.6% reduction. Progressive ammonia substitution continues CO

reduction: A20 achieves 88.23 g/kWh (2.14%), A30 reaches 84.99 g/kWh (2.04%), A40 attains 81.32 g/kWh (1.94%), and A50 delivers 73.09 g/kWh (1.75%). The maximum 34% reduction at A50 reflects multiple mechanisms: enhanced fuel-air mixing through premixed combustion mode, reduced diesel spray penetration, ammonia's zero-carbon structure eliminating carbon-based incomplete combustion products for 50% of fuel energy, and improved oxygen distribution [15]. The CO reduction rate (34%) substantially exceeds the ammonia substitution rate (50%), indicating synergistic effects beyond simple diesel displacement. Analysis reveals that ammonia presence enhances diesel combustion completeness through two mechanisms: First, ammonia combustion generates OH radicals that promote diesel hydrocarbon oxidation [35]. Second, premixed ammonia-air combustion establishes high-temperature environments that facilitate diesel carbon oxidation. Unburned hydrocarbon emissions, presented in Figure 12, show even more dramatic reduction with ammonia substitution.

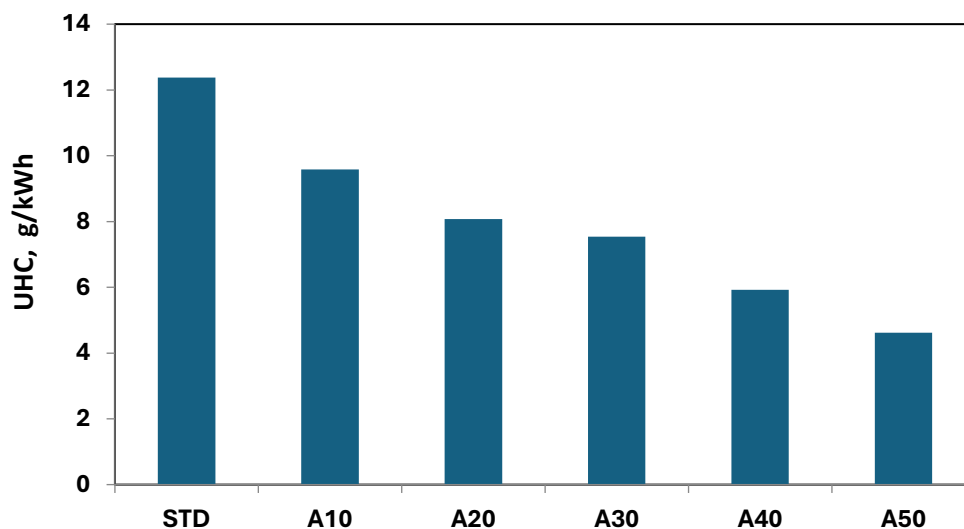


**Figure 12.** UHC emissions (g/kWh) vs. ammonia ratio

Baseline diesel produces 12.37 g/kWh UHC (0.53% concentration), primarily comprising incomplete oxidation products from diesel fuel: C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> aromatics, alkanes, and alkenes. Ammonia introduction reduces UHC to 9.58 g/kWh (0.42%) at A10, representing 22.5% reduction. The trend continues: A20 achieves 8.07 g/kWh (0.36%), A30 reaches 7.54 g/kWh (0.33%), A40 attains 5.93 g/kWh (0.26%), and A50 delivers 4.62 g/kWh (0.20%). The maximum 63% UHC reduction at A50 substantially exceeds both the ammonia substitution ratio and CO reduction percentage. The exceptional UHC reduction stems from several mechanisms. First, ammonia's zero-carbon structure means 50% of fuel energy contributes zero hydrocarbons. Second, improved mixing reduces diesel spray over-penetration and wall impingement—primary sources of UHC [31]. Third, enhanced premixed combustion creates

favorable conditions for complete diesel oxidation. Fourth, ammonia combustion products promote hydrocarbon oxidation reactions [35]. Comparison with literature validates these emission characteristics. Nadimi et al. [15] reported 40-50% CO reduction and 35-45% UHC reduction at 40% ammonia substitution—slightly lower than the current study's performance (49% CO and 52% UHC reduction at A40). The low CO and UHC emissions have important implications for aftertreatment system requirements. Diesel oxidation catalysts (DOC), commonly employed to reduce CO and UHC in marine diesel exhaust, achieve typical conversion efficiencies of 85-95% [36]. The reduced feedstock concentrations enable higher conversion percentages and potentially extended catalyst lifetime.

### 3.3.4 Ammonia Slip Emissions

Unburned ammonia emissions, commonly termed "ammonia slip," represent the most significant environmental challenge of ammonia dual-fuel operation. While ammonia eliminates carbon emissions, incomplete ammonia combustion creates new emission control requirements, as demonstrated in Figures 13 and 14.

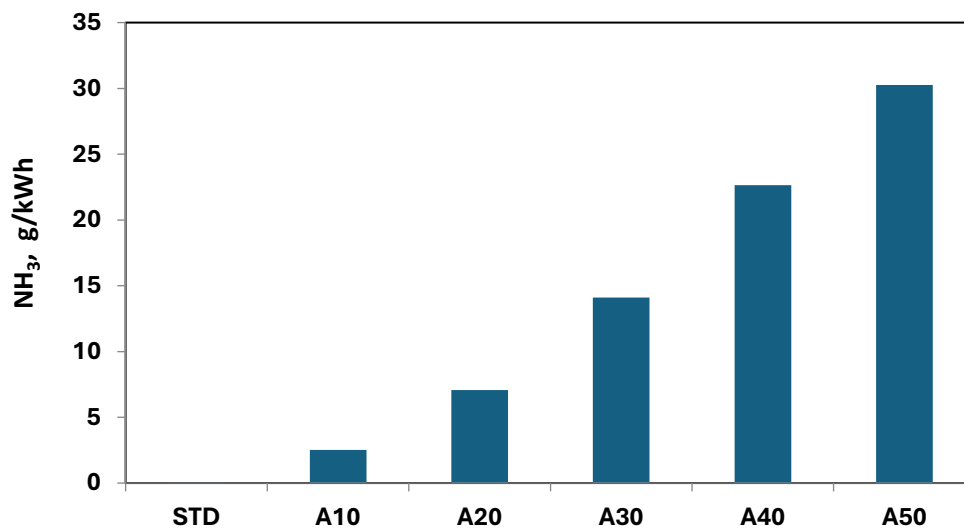


**Figure 13.** NH<sub>3</sub> slip emissions (g/kWh) vs. ammonia ratio

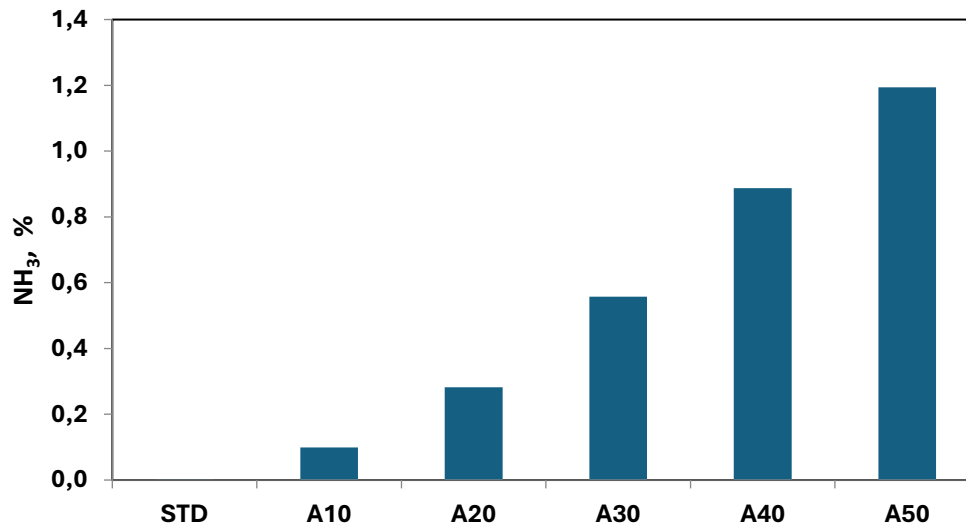


**Figure 14.** NH<sub>3</sub> slip emissions (%) vs. ammonia ratio

Baseline diesel operation produces negligible ammonia emissions (0.02 g/kWh, 0.0008%). The introduction of 10% ammonia increases slip to 2.51 g/kWh (0.10%), representing approximately 4.2% of ammonia fuel supplied, indicating 95.8% ammonia combustion efficiency. Progressive ammonia substitution reveals near-linear slip increase: A20 produces 7.07 g/kWh (0.28%), A30 reaches 14.09 g/kWh (0.56%), A40 attains 22.63 g/kWh (0.89%), and A50 delivers 30.25 g/kWh (1.19%). The linear trend ( $R^2 = 0.996$ ) indicates consistent fractional ammonia combustion efficiency across the substitution range:  $\text{NH}_3 \text{ slip (g/kWh)} = 0.595 \times \text{Ammonia energy fraction (\%)} + 0.14$ . This relationship reveals approximately 5.5-6% ammonia slip fraction, meaning 94-94.5% of supplied ammonia undergoes combustion. While this represents good combustion efficiency for a low-reactivity fuel, the absolute slip quantities at high substitution ratios necessitate aftertreatment consideration [21,36]. The ammonia slip formation mechanisms operate through multiple pathways. Primary among these is incomplete oxidation in fuel-lean regions where ammonia concentration exceeds ignition threshold but mixing remains incomplete. The intake manifold injection creates relatively homogeneous ammonia-air mixtures, but diesel pilot injection timing means that peripheral charge regions may not achieve sufficient temperature for complete ammonia reaction before expansion cooling quenches combustion [15,21]. Secondary slip formation occurs through flame quenching at combustion chamber walls. Ammonia's low laminar flame speed (7 cm/s) compared to diesel (86 cm/s) means that flame propagation toward walls proceeds slowly [18]. Thermal boundary layers adjacent to walls rapidly cool reactive mixtures below ammonia ignition temperature (~1200 K), creating 1-2 mm quench zones. Tertiary slip arises from crevice volume retention. Piston-ring crevices, injector nozzle recesses, and valve stem clearances trap

approximately 2-3% of cylinder charge [31]. The homogeneous ammonia-air mixture fills these crevices uniformly, and this trapped charge eventually escapes during exhaust without combustion. The temporal ammonia concentration evolution, illustrated in Figure 15, reveals slip formation dynamics.

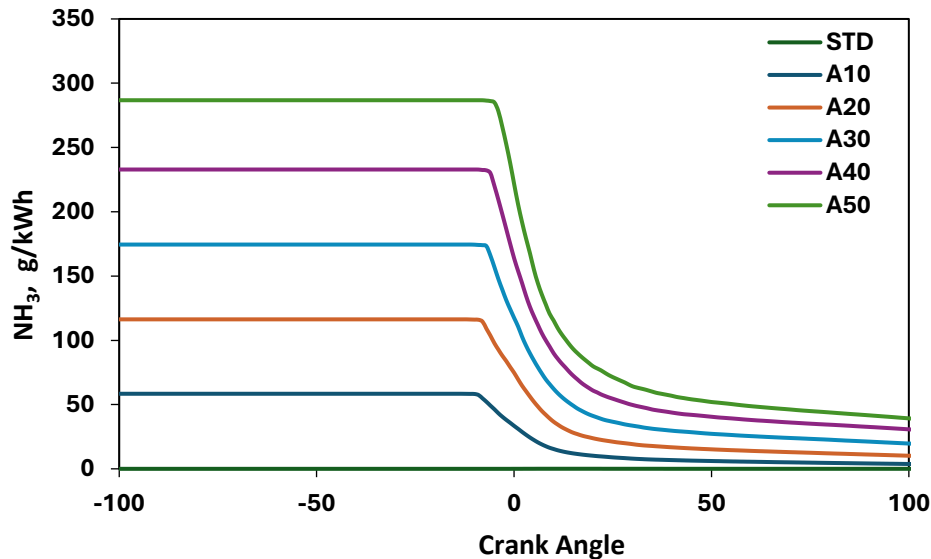
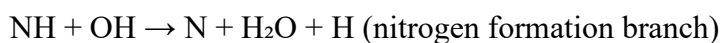
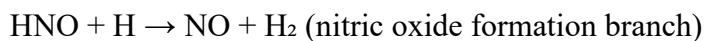
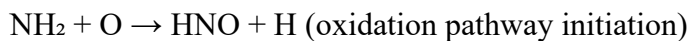
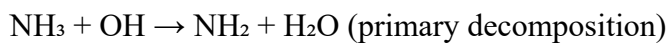


**Figure 15.** Temporal NH<sub>3</sub> concentration profiles

During intake and compression strokes, ammonia concentration increases uniformly throughout the chamber. Diesel injection and ignition initiate rapid ammonia consumption in high-temperature regions surrounding diesel flames, with ammonia concentration dropping below 2% within 10-15°CA of ignition. However, peripheral and quench zone ammonia concentrations decay much more slowly, maintaining 4-6% concentrations through mid-expansion stroke. By exhaust valve opening (+137°CA ATDC), bulk gas ammonia has reached exhaust equilibrium concentrations of 0.8-1.2%, representing the measured slip emissions. The ammonia combustion kinetics provide mechanistic explanation. Primary ammonia consumption proceeds via:



The rate-limiting step involves initial NH<sub>3</sub> decomposition, which exhibits strong temperature dependence with activation energy of approximately 180 kJ/mol [26]. Below 1200 K, decomposition rates decrease by two orders of magnitude, effectively halting ammonia consumption. Comparison with literature contextualizes the slip performance. Nadimi et al. [15] reported unburned ammonia up to 14,800 ppm (approximately 1.5%) at high substitution

ratios—comparable to the current study's 1.19% at A50. Their results showed slip fractions varying from 3-8% depending on load and substitution ratio. Industrial targets provide benchmarks for acceptable slip levels. WinGD specifies ammonia slip below 10 ppm as a development target [17]. However, WinGD's target applies to optimized high-pressure direct injection systems, whereas the current intake manifold injection represents a simpler architecture accepting higher slip in exchange for reduced system complexity. Ammonia slip mitigation strategies include selective catalytic oxidation (SCO) or ammonia slip catalyst (ASC) systems. These aftertreatment technologies can achieve 85-95% conversion efficiency, reducing the A50 slip from 30.25 g/kWh to 1.5-4.5 g/kWh—within projected regulatory limits [36].

#### 4. Conclusions

This comprehensive CFD investigation of ammonia-diesel dual-fuel combustion via intake manifold injection has provided detailed insights into the performance characteristics, emission formation mechanisms, and optimization pathways for this promising marine decarbonization technology. The validated ANSYS Forte simulations across ammonia energy ratios from 0% to 50% reveal systematic trends and quantify critical trade-offs that inform practical system development. The study demonstrates that moderate ammonia substitution enhances indicated thermal efficiency, achieving an optimum of 32.21% at A20 condition—representing a 3.6% improvement over baseline diesel (31.095%). This efficiency enhancement stems from improved fuel-air mixing through extended ignition delay, intensified premixed combustion phase, and optimized heat release phasing near top dead center. Even at maximum substitution (A50), thermal efficiency of 31.69% remains competitive with baseline diesel. Indicated power output demonstrates manageable variation across the substitution range: from 6.02 kW (STD) through maximum of 6.47 kW (A20) to 6.14 kW (A50). The 7.5% power increase at optimal condition (A20) reflects synergistic combustion enhancement, while the modest 1.7% decrease at maximum substitution (A50) confirms that ammonia's lower energy density can be substantially compensated through improved combustion characteristics. The study achieves exceptional NO<sub>x</sub> reduction performance: 77% decrease from 6.64 g/kWh (STD) to 1.52 g/kWh (A50), surpassing IMO Tier III limits (2.0 g/kWh) without exhaust aftertreatment. This reduction operates through synergistic mechanisms: 11% peak temperature reduction (2180K to 1950K) suppressing thermal NO<sub>x</sub> formation via Zeldovich mechanism, in-cylinder selective non-catalytic reduction through  $\text{NH}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$  reactions, and improved combustion homogeneity eliminating high-temperature hotspots. Direct CO<sub>2</sub> reduction achieves 55% at

maximum ammonia substitution (582.11 to 260.59 g/kWh), slightly exceeding the 50% energy substitution ratio due to thermal efficiency improvements. The near-perfect linear relationship ( $R^2=0.998$ ) between ammonia fraction and CO<sub>2</sub> reduction validates ammonia's zero-carbon combustion characteristics and confirms path toward IMO 2050 decarbonization targets. Combined with green ammonia production (near-zero lifecycle emissions), the technology enables 75-80% total lifecycle CO<sub>2</sub> reduction—positioning ammonia dual-fuel engines among the most promising pathways for maritime decarbonization. Substantial reductions in incomplete combustion products validate enhanced combustion quality: CO decreases 34% (110.88 to 73.09 g/kWh) and UHC decreases 63% (12.37 to 4.62 g/kWh) at A50. These reductions exceed proportional diesel displacement, indicating synergistic effects where ammonia presence enhances diesel combustion completeness through improved mixing, OH radical generation, and reduced fuel-rich spray core regions. Unburned ammonia emissions present the primary environmental challenge, increasing linearly with substitution ratio to 30.25 g/kWh (1.19%) at A50—representing approximately 5.5-6% of supplied ammonia. While this represents good combustion efficiency for a low-reactivity fuel, the absolute quantities necessitate dedicated aftertreatment. Selective catalytic oxidation (SCO) or ammonia slip catalyst (ASC) systems achieving 85-95% conversion efficiency can reduce slip to 1.5-4.5 g/kWh—within projected regulatory limits. The ammonia slip challenge, though significant, proves manageable through established technologies and does not preclude commercial viability when balanced against substantial CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> reduction benefits. Multi-criteria analysis identifies distinct optimal conditions for different operational priorities. A20 maximizes overall performance (32.21% thermal efficiency, 6.47 kW power, 50% NO<sub>x</sub> reduction, 23% CO<sub>2</sub> reduction, 7.07 g/kWh ammonia slip), suitable for transoceanic cargo operations prioritizing fuel efficiency. A30-A40 provides balanced performance-emission characteristics (31.54-31.89% efficiency, 6.55-7.06 kW power, 65-73% NO<sub>x</sub> reduction, 34-44% CO<sub>2</sub> reduction, 14-23 g/kWh slip) for general marine operations. A50 enables maximum decarbonization (31.69% efficiency, 6.14 kW power, 77% NO<sub>x</sub> reduction, 55% CO<sub>2</sub> reduction, 30.25 g/kWh slip) for emission control areas accepting comprehensive aftertreatment investment. The systematic analysis reveals fundamental combustion mode transition from diesel-dominated diffusion combustion toward ammonia-dominated premixed combustion. Heat release characteristics shift from dual-peak diesel pattern (40% premixed, 60% diffusion) to single-peak premixed pattern (75% premixed, 25% diffusion) at A50. The computational results achieve strong alignment with recent experimental and industrial developments,

validating the predictive capability and practical relevance. Industrial validation from MAN Energy Solutions (>12 months successful testing, commercial deployment 2025-2026) and WinGD (X-DF-A engine achieving diesel-equivalent efficiency) provides confidence that the performance characteristics observed in this study translate effectively to full-scale marine engine applications. This comprehensive CFD investigation establishes that ammonia-diesel dual-fuel combustion via intake manifold injection represents a technically viable, commercially promising pathway for maritime decarbonization. The demonstrated 55% CO<sub>2</sub> reduction, 77% NO<sub>x</sub> reduction, and maintained thermal efficiency at high ammonia substitution ratios position this technology as a leading candidate for achieving IMO 2050 targets and enabling trajectory toward complete decarbonization post-2050. The A20 optimal condition provides immediate deployment pathway requiring minimal hardware modifications while delivering meaningful environmental benefits.

## REFERENCES

- [1] International Maritime Organization (IMO). (2018). Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. Resolution MEPC.304(72), London, UK.
- [2] International Maritime Organization (IMO). (2023). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. Resolution MEPC.377(80), London, UK.
- [3] Yapicioglu, A., Dincer, I. (2019). A review on clean ammonia as a potential fuel for power generators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 96-108.
- [4] Ash, N., Scarbrough, T. (2019). Sailing on solar: Could green ammonia decarbonise international shipping? Environmental Defense Fund, London.
- [5] Zhou, X., Li, T., Wang, N., et al. (2023). Pilot diesel-ignited ammonia dual fuel low-speed marine engines: A comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173, 113108.
- [6] Chiong, M.C., Chong, C.T., Ng, J.H., et al. (2021). Advancements of combustion technologies in the ammonia-fuelled engines. *Energy Conversion and Management*, 244, 114460.
- [7] Kobayashi, H., Hayakawa, A., Somarathne, K.K.A., Okafor, E.C. (2019). Science and technology of ammonia combustion. *Proceedings of the Combustion Institute*, 37(1), 109-133. [8] Dimitriou, P., Javaid, R. (2020). A review of ammonia as a compression ignition engine fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(11), 7098-7118.
- [9] Rouwenhorst, K.H., Krzywda, P.M., Benes, N.E., Mul, G., Lefferts, L. (2021). Ammonia storage and transport. In *Techno-Economic Challenges of Green Ammonia as an Energy Vector*, 41-83.
- [10] International Energy Agency. (2021). *Ammonia Technology Roadmap*. IEA Publications, Paris.
- [11] Bicer, Y., Dincer, I. (2018). Life cycle environmental impact assessments and comparisons of alternative fuels. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 141-157.
- [12] Armijo, J., Philibert, C. (2020). Flexible production of green hydrogen and ammonia from variable solar and wind energy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(3), 1541-1558.
- [13] MacFarlane, D.R., Cherepanov, P.V., Choi, J., et al. (2020). A roadmap to the ammonia economy. *Joule*, 4(6), 1186-1205.
- [14] Kumar, L., Sleiti, A.K. (2024). Systematic review on ammonia as a sustainable fuel for combustion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 202, 114662.
- [15] Nadimi, E., Przybyla, G., Lewandowski, M.T., Adamczyk, W. (2023). Effects of ammonia on combustion, emissions, and performance of the ammonia/diesel dual-fuel compression ignition engine. *Journal of the Energy Institute*, 107, 101158.
- [16] MAN Energy Solutions. (2024). *Ammonia-fueled two-stroke engines*. Technical Report, Copenhagen, Denmark.

- [17] WinGD. (2024). X-DF-A ammonia-fueled engine design. Technical Report, Winterthur, Switzerland.
- [18] Hayakawa, A., Goto, T., Mimoto, R., et al. (2015). Laminar burning velocity of ammonia/air premixed flames. *Fuel*, 159, 98-106.
- [19] Boretti, A. (2019). Novel dual fuel diesel-ammonia combustion system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(32), 17048-17055.
- [20] Yousefi, A., Guo, H., Dev, S., Liko, B., Lafrance, S. (2022). Effects of ammonia energy fraction and diesel injection timing. *Fuel*, 314, 122723.
- [21] Niki, Y., Nitta, Y., Sekiguchi, H., Hirata, K. (2019). Diesel fuel multiple injection effects on emission characteristics. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 141, 061020.
- [22] Dimitriou, P., Tsujimura, T. (2017). A review of ammonia as a compression ignition engine fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(38), 24470-24486.
- [23] Jin, S., Wu, B., Zi, Z., et al. (2023). Effects of fuel injection strategy and ammonia energy ratio. *Fuel*, 341, 127668.
- [24] ANSYS Inc. (2024). ANSYS Forte Theory Manual Release 2024 R2. ANSYS Inc., Canonsburg, PA.
- [25] Launder, B.E., Spalding, D.B. (1974). The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3(2), 269-289.
- [26] Shrestha, K.P., Seidel, L., Zeuch, T., Mauss, F. (2018). Detailed kinetic mechanism for the oxidation of ammonia. *Energy & Fuels*, 32(10), 10202-10217.
- [27] Wang, H., Reitz, R.D., Yao, M., et al. (2013). Development of an n-heptane-n-butanol-PAH mechanism. *Combustion and Flame*, 160, 504-519.
- [28] Okumuş, F. (2024). Enhanced Investigation of Diesel-Ammonia Dual Fuel Engine. Doctoral Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- [29] Colin, O., Benkenida, A., Angelberger, C. (2003). 3D modeling of mixing, ignition and combustion. *Oil & Gas Science and Technology*, 58(1), 47-62.
- [30] Heywood, J.B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals*, 2nd Edition. McGraw-Hill Education, New York.
- [31] Dec, J.E. (1997). A conceptual model of DI diesel combustion. SAE Technical Paper 970873.
- [32] Musculus, M.P.B., Miles, P.C., Pickett, L.M. (2013). Conceptual models for partially premixed low-temperature diesel combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*, 39(2-3), 246-283.
- [33] Zeldovich, Y.B. (1946). The oxidation of nitrogen in combustion and explosions. *Acta Physicochim URSS*, 21, 577-628.
- [34] Lyon, R.K., Hardy, J.E. (1986). Discovery and development of the thermal DeNO<sub>x</sub> process. *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 25(1), 19-24.
- [35] Miller, J.A., Bowman, C.T. (1989). Mechanism and modeling of nitrogen chemistry in combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*, 15(4), 287-338.
- [36] Koebel, M., Elsener, M., Kleemann, M. (2000). Urea-SCR: A promising technique to reduce NO<sub>x</sub> emissions. *Catalysis Today*, 59(3-4), 335-345.

## ***Stachys cretica* subsp. *kutahyensis* BİTKİSİNİN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ VE ANTİOKSIDAN POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Fatma Özlem KARGIN SOLMAZ**

Faculty of Pharmacy, Afyonkarahisar Health Sciences University, TR-03100, Afyonkarahisar-TURKEY

**ORCID:** 0000-0002-3908-3371

### **ÖZET**

Bu çalışmada, Türkiye florasında endemik bir tür olan *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*'in ultrasonik destekli metanol özütü hazırlanmış ve özüt verimi ile antioksidan özellikleri araştırılmıştır. Bitki materyalinden elde edilen özütün verimi %13,25 olarak belirlenmiştir.

Antioksidan aktivite, farklı spektrofotometrik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Phosphomolybdenum yöntemiyle toplam antioksidan kapasite 421,02 mg TEs/g özüt; DPPH ve ABTS radikal süpürme aktiviteleri sırasıyla 218,45 ve 262,51 mg TEs/g özüt olarak tespit edilmiştir. CUPRAC ve FRAP indirgeme güçleri sırasıyla 561,66 ve 305,36 mg TEs/g özüt olarak bulunmuştur. Ayrıca demir iyonu şelatlama aktivitesi 12,18 mg EDTAEs/g özüt; toplam fenolik ve flavonoid içerikleri ise sırasıyla 111,47 mg GAEs/g ve 79,91 mg REs/g özüt olarak belirlenmiştir.

Bu sonuçlar, *S. cretica* subsp. *kutahyensis*'in yüksek düzeyde fenolik ve flavonoid bileşikler içerdiğini ve güçlü bir antioksidan potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler, türün doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebileceğini ve gıda, kozmetik veya farmasötik alanlarda kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*, antioksidan aktivite, fenolik bileşikler, ultrasonik ekstraksiyon

### **EVALUATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis***

#### **ABSTRACT**

In this study, the ultrasonic-assisted methanol extract of *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*, an endemic plant species in the flora of Turkey, was prepared, and its extraction yield and antioxidant activities were evaluated. The extraction yield was determined as 13.25%.

Antioxidant capacity was assessed using various spectrophotometric assays. The total antioxidant capacity measured by the phosphomolybdenum method was 421.02 mg TEs/g extract. DPPH and ABTS radical scavenging activities were found to be 218.45 and 262.51 mg TEs/g extract, respectively. The reducing power determined by the CUPRAC and FRAP methods were 561.66 and 305.36 mg TEs/g extract. The ferrous ion chelating activity was 12.18

mg EDTAEs/g extract, while the total phenolic and flavonoid contents were 111.47 mg GAEs/g and 79.91 mg REs/g extract, respectively.

These findings indicate that *S. cretica* subsp. *kutahyensis* possesses a high content of phenolic and flavonoid compounds, contributing to its strong antioxidant potential. The results suggest that this species could serve as a promising natural source of antioxidants for potential applications in food, cosmetic, and pharmaceutical industries.

**Keywords:** *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*, antioxidant activity, phenolic compounds, ultrasonic extraction

## 1. GİRİŞ

Lamiaceae familyasının en büyük cinslerinden biri olan *Stachys* (dağ çayı), dünya genelinde 300'ün üzerinde taksonla temsil edilmekte olup Türkiye florasında 80'den fazla türü bulunmaktadır (Akçiçek, 2010). Bu cinsin birçok türü, halk hekimliğinde yüzyıllardır iltihap giderici, öksürük kesici, yatıştırıcı, yara iyileştirici ve sindirim sistemi rahatsızlıklarına karşı kullanılmaktadır (Goren vd., 2011; Öztürk vd., 2009). Ayrıca yapılan fitokimyasal çalışmalar, *Stachys* türlerinin fenolik asitler, flavonoidler, diterpenoidler ve iridoidler bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Bu bileşiklerin biyolojik aktiviteleri arasında antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antitümör ve nöroprotektif etkiler öne çıkmaktadır (Bahadori vd., 2019a; Kirkan, 2019). Özellikle *Stachys cretica* alt türleri üzerine yapılan çalışmalar, bitkilerin yüksek fenolik içeriklerinin güçlü antioksidan ve enzim inhibisyon potansiyeliyle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Bahadori vd., 2019b).

Türkiye, *Stachys* cinsinin endemizm açısından en zengin merkezlerinden biridir ve farklı ekolojik bölgelerde doğal olarak yetişen *Stachys cretica* alt türleri, fitokimyasal çeşitlilik bakımından dikkate değerdir (Kirkan, 2019). Örneğin *S. cretica* subsp. *mersinaea*'nın HPLC analizinde hesperidin, quercetin ve kaempferol gibi fenolik bileşiklerin yüksek oranda bulunduğu; *S. cretica* subsp. *smyrnaea*'nın ise klorojenik asit ve apigenin açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Bahadori vd., 2019a; Bahadori vd., 2019b). Benzer şekilde *S. cretica* subsp. *vacillans*, klorojenik asit ve verbaskosit gibi güçlü antioksidan bileşenleriyle ön plana çıkmakta ve bu özellikleriyle halk hekimliğinde yara iyileştirici ve antienflamatuvar olarak kullanılmaktadır (Kirkan, 2019). Bu veriler, *Stachys* türlerinin gıda, kozmetik ve farmasötik alanlarda doğal antioksidan kaynakları olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Bu çalışma, Türkiye florasında endemik bir takson olan *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*'in biyoaktif bileşenlerini ve antioksidan potansiyelini belirlemeyi amaçlamaktadır. Ultrasonik

destekli metanol ekstraksiyonu ile elde edilen özütün toplam fenolik ve flavonoid içeriği ile farklı spektrofotometrik yöntemlerle antioksidan kapasitesi değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, *S. cretica* alt türleri arasında kimyasal çeşitliliğin anlaşılmasına katkı sağlayarak, bu türün doğal antioksidan kaynağı olarak potansiyelini ortaya koymayı hedeflemektedir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

### 2.1. Bitki materyali

*Stachys cretica subsp. kutahyensis* bitkisinin toprak üstü kısımları, 29 Haziran 2023 tarihinde Kütahya ili Tavşanlı-Harmancık karayolu (20-21. Km) kenarından (39°39'25"N 29°16'03"E; 850 m). Tür teşhisi Dr. Olcay Ceylan tarafından yapılmış ve bitkiye ait herbaryum örneği, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Biyoloji Bölümü Herbaryumu'nda muhafaza altına alınmıştır.

### 2.2. Metanol Özütünün Hazırlanması

Toplanan örnekler öncelikle doğrudan güneş ışığı almayan, nem oranının düşük ve hava akımının iyi olduğu bir ortamda kurutuldu. Kurutulmuş örnekler bir blender yardımıyla öğütüldü. Öğütülmüş bitki (5 g) örneği alınarak ultrasonik banyoda 3 saat süreyle metil alkol ile muamele edildi. Elde edilen özüt, süzildükten sonra vakum altında çözücü uzaklaştırıldı ve analizler yapılana kadar +4 °C'de muhafaza edildi.

### 2.3. Fitokimyasal Analizler

#### 2.3.1. Toplam Fenolik Bileşik Analizi

Toplam fenolik bileşik içeriğinin tespiti için, örnek çözeltisi (0.25 mL) seyreltilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi (1.0 ml, 1:9) ile karıştırılmış ve kuvvetlice çalkalanmıştır. 3 dk sonra Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi (0.75 mL, %1) ilave edildi ve örneğin absorbansı, oda sıcaklığında 2 saat inkübasyondan sonra 760 nm'de okunmuştur. Toplam fenolik bileşik içeriği, gallik asit eşdeğerleri (GAEs) olarak ifade edilmiştir (Zengin vd., 2015).

#### 2.3.2. Toplam Flavonoit Bileşik Analizi

Toplam flavonoit bileşik içeriğinin tespiti için, örnek çözeltisi (1.0 mL), MeOH içerisinde aynı hacimde alüminyum triklorür (%2) ile karıştırılmıştır. Benzer şekilde, örnek çözeltisinin (1.0 ml), AlCl<sub>3</sub> içermeyen metanole (1.0 ml) eklenmesiyle bir kör hazırlanmıştır. Örnek ve körün absorbansları oda sıcaklığında 10 dk inkübasyondan sonra 415 nm'de okunmuştur. Körün absorbansı, örneklerinkinden çıkarılmıştır (Zengin vd., 2015). Örneklerin toplam flavonoit bileşik içeriği, rutin eşdeğeri (REs) olarak ifade edilmiştir (mg REs/g örnek).

## 2.4. Antioksidan Aktivite Testleri

### 2.4.1. Metal Şelatlama Testi

Örneklerin  $\text{Fe}^{2+}$  iyonlarını şelatlama kapasiteleri daha önce literatürde belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir (Kocak vd., 2016; Zengin vd., 2015). İçerisinde özüt çözeltisi (2.0 ml) bulunan test tüplerine  $\text{FeCl}_2$  (0.05 mL, 2 mM) çözeltisi ilave edilmiştir. Tepkime ferrozin (0.2 mL, 5 mM) ilavesiyle başlatılmıştır. Karışım çözeltisi karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 10 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Ferrozin yerine metanol (0.2 mL) kullanılarak her bir örnek için kör numune hazırlanmıştır. Daha sonra hem kör hem de örneklerin 562 nm'deki absorbans ölçümleri yapılmıştır. Örneklerin şelatlama kapasiteleri örnekler için ölçülen absorbans değerlerinden her bir örnek için hazırlanan kör karışıma ait absorbans değerleri çıkartılarak etilendiamin tetra asetik asit disodyum (EDTA) tuzu eşdeğer olarak hesaplanmıştır (mg EDTAEs/g örnek).

### 2.4.2. ABTS Katyon Radikali Süpürüm Testi

Bu testte  $\text{ABTS}^+$  radikal katyonu, 7.4 mM ABTS çözeltisi ile 2.45 mM potasyum persülfat çözeltisinin tepkimesiyle elde edilmiştir. Bu karışımının 12-16 saat karanlıkta bekletilerek aktif radikal oluşması sağlanmıştır. Deneyden önce ABTS katyon radikal çözeltisi, 734 nm'de absorbansı  $1.000 \pm 0.020$  olacak şekilde metanol ile seyreltilmiştir. Örnek çözeltilerinden 1.0 mL alınmış ve 2.0 mL ABTS çözeltisi ile karıştırılmıştır. Tüpler ağızları kapalı bir biçimde oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra örneklerin 734 nm'deki absorbans ölçümleri yapılmıştır (Zengin vd., 2015). Örneklerin ABTS katyon radikali süpürüm aktiviteleri troloks eşdeğer olarak hesaplanmıştır (mg TEs/g örnek).

### 2.4.3. DPPH Radikal Süpürüm Testi

Örneklerin serbest radikal giderim aktiviteleri 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikali kullanılarak belirlenmiştir (Tepe vd., 2011; Zengin vd., 2015). İçerisinde örnek çözeltisi (1.0 mL) bulunan test tüplerine metanolde hazırlanmış DPPH çözeltisi (1.0 mL, 0.4 mM) ilave edilmiştir. Kontrol için test tüpüne özüt yerine 1.0 mL metanol koyulmuştur. Örnekler oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dakika inkübasyona bırakıldıktan sonra 517 nm'deki absorbans ölçümleri yapılmıştır. Örneklerin DPPH radikali süpürüm aktiviteleri troloks eşdeğer olarak hesaplanmıştır (mg TEs/g örnek).

### 2.4.4. CUPRAC Testi

Örneklerin  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$  indirgeme potansiyelleri literatürde belirtilen CUPRAC yöntemiyle analiz edilmiştir (Apak vd., 2006). İçerisinde örnek çözeltisi (0.5 mL) bulunan test tüplerine sırasıyla;  $\text{CuCl}_2$  (1.0 mL, 10 mM), amonyum asetat (1.0 mL, 1 M, pH:7.0) ve neokuproin (1.0 mL, 7.5

mM) çözeltileri eklenmiştir. Tüpler ağızları kapalı bir biçimde oda sıcaklığında karanlıkta 30 dakika bekletildikten sonra 450 nm'deki absorbans ölçümleri yapılmıştır. Örneklerin CUPRAC indirgeme potansiyelleri troloks eşdeğer olarak hesaplanmıştır (mg TEs/g örnek).

#### 2.4.5. FRAP Testi

Örneklerin  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  indirgeme potansiyelleri FRAP yöntemiyle belirlenmiştir (Kocak vd., 2016; Zengin vd., 2015). Asetat tamponu (0.3 M, pH: 3.6), 40 mM HCl içinde hazırlanan 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) (10 mM) ve  $FeCl_3$  (20 mM) çözeltilerinin hacimce 10:1:1 oranında karıştırılması ile oluşturulan FRAP reaktifi (2.0 ml), içerisinde örnek çözeltisi (0.1 mL) bulunan test tüplerine eklenmiş ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Karışımların 593 nm'deki absorbans ölçümleri yapıldı. Örneklerin FRAP indirgeme potansiyelleri troloks eşdeğer olarak hesaplanmıştır (mg TEs/g örnek).

#### 2.4.6. Fosfomolibdenyum Testi

İçerisinde örnek çözeltisi (0.1 mL) bulunan test tüplerine 3.0 ml reaktif çözeltisi (0.6 M sülfürik asit, 28 mM sodyum fosfat ve 4 mM amonyum molibdat) ilave edilmiştir. Test tüpleri 95 °C'de 90 dk inkübe edildikten sonra oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve köre karşı (kör, 3.0 ml reaktif çözelti ve 0.1 mL çözücü içermektedir) 695 nm'deki absorbans ölçümleri yapılmıştır (Zengin vd., 2015). Örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri standart troloks eşdeğer (TEs) olarak hesaplanmıştır (mg TEs/g örnek).

#### 2.5. İstatistiksel Analizler

Bütün ölçümler üç paralel deneyde gerçekleştirilmiş olup, veriler ortalama değerler ve standart sapmalarla raporlanmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İltrasonik destekli metanol ekstraksiyonu ile elde edilen *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis* özütünün verimi %13,25 olarak belirlenmiştir. Antioksidan kapasiteyi değerlendirmek üzere uygulanan farklı spektrofotometrik testler sonucunda fosfomolibden yöntemiyle toplam antioksidan kapasite 421,02 mg TEs/g özüt olarak bulunmuştur. DPPH ve ABTS radikal süpürme aktiviteleri sırasıyla 218,45 ve 262,51 mg TEs/g özüt olarak tespit edilmiştir. CUPRAC ve FRAP indirgeme güçleri sırasıyla 561,66 ve 305,36 mg TEs/g özüt değerleriyle yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Demir iyonu şelatlama aktivitesi ise 12,18 mg EDTAEs/g özüt olarak saptanmıştır (Tablo 1).

Ayrıca, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri sırasıyla 111,47 mg GAEs/g ve 79,91 mg REs/g özüt olarak belirlenmiştir. Bu değerler, *S. cretica* subsp. *kutahyensis*'in fenolik bileşiklerce

zengin olduğunu ve güçlü bir antioksidan potansiyele sahip bulunduğunu göstermektedir (Tablo 2).

**Tablo 1.** *S. cretica subsp. kutahyensis* metanol özütünün antioksidan aktivitesi

| Testler                                                 | Sonuç          |
|---------------------------------------------------------|----------------|
| Fosfomolibden Yöntemi (mg TE/g özüt)                    | 421,02 ± 6,62  |
| DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi (mg TE/g özüt)          | 218,45 ± 10,49 |
| ABTS Radikal Katyon Süpürme Aktivitesi (mg TE/g özüt)   | 262,51 ± 7,38  |
| CUPRAC İndirgeme Gücü (mg TE/g özüt)                    | 561,66 ± 14,20 |
| FRAP İndirgeme Gücü (mg TE/g özüt)                      | 305,36 ± 3,05  |
| Demir (II) İyonu Şelatlama Kapasitesi (mg EDTAE/g özüt) | 12,18 ± 0,03   |

**Tablo 2.** *S. cretica subsp. kutahyensis* metanol özütünün toplam fenolik ve flavonoid içerikleri

| Testler                                 | Sonuç         |
|-----------------------------------------|---------------|
| Toplam Flavonoid İçeriği (mg RE/g özüt) | 79,91 ± 0,32  |
| Toplam Fenolik İçeriği (mg GAE/g özüt)  | 111,47 ± 1,75 |

Elde edilen bu bulgular, literatürde farklı *Stachys cretica* alt türleri üzerinde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında türler arasında dikkate değer benzerlikler ve farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, *S. cretica* subsp. *smyrnaea*'da DPPH ve ABTS radikal süpürme aktiviteleri sırasıyla 9,10 ve 17,36 mg TEs/g kuru bitki olarak bildirilmiş, toplam fenolik içerik ise 7,06 mg GAEs/g kuru bitki olarak rapor edilmiştir (Bahadori vd., 2019a). *S. cretica* subsp. *mersinaea* metanol özütünde ise DPPH ve ABTS aktiviteleri 151 ve 292 mg TEs/g özüt, CUPRAC ve FRAP değerleri ise 257 ve 236 mg TEs/g özüt olarak belirlenmiştir (Bahadori vd., 2019b). Bu sonuçlar, *S. cretica* subsp. *kutahyensis*'in özellikle CUPRAC (561,66 mg TEs/g) ve toplam antioksidan kapasite (421,02 mg TEs/g) bakımından diğer alt türlerden daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanılan ekstraksiyon yönteminin (ultrasonik destekli metanol ekstraksiyonu) etkinliğiyle ilişkili olabileceği gibi, bitkinin yetiştiği coğrafi koşulların ve toprak özelliklerinin de fenolik bileşiklerin sentezine etkisiyle açıklanabilir.

Ayrıca *S. cretica* subsp. *vacillans* üzerinde yapılan çalışmada metanol ekstraktının toplam fenolik içeriği 57,65 mg GAE/g ve toplam flavonoid içeriği 40,24 mg QE/g olarak belirlenmiş, CUPRAC ve FRAP değerleri sırasıyla 579,23 ve 254,40 mg TEs/g özüt olarak bildirilmiştir (Kirkan, 2019). Bu veriler de *S. cretica* subsp. *kutahyensis*'in antioksidan aktivitesinin bu alt türe kıyasla yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle fenolik içerik bakımından *S. cretica*

subsp. *kutahyensis* (111,47 mg GAEs/g) diğer alt türlere göre daha zengin bir profil sergilemiştir. Bu durum, türün içeriğinde yüksek miktarda klorojenik asit, apigenin türevleri ve verbaskosit gibi fenolik bileşiklerin bulunabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışma, Türkiye florasında endemik olan *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*'in yüksek düzeyde fenolik ve flavonoid bileşikler içerdiğini ve güçlü antioksidan özellikler sergilediğini ortaya koymuştur. CUPRAC ve FRAP analizleriyle belirlenen yüksek indirgeme gücü, türün biyolojik aktivite potansiyelini desteklemektedir. Elde edilen sonuçlar, *S. cretica* alt türleri arasında antioksidan kapasite bakımından çeşitlilik bulunduğunu göstermekte ve *S. cretica* subsp. *kutahyensis*'in özellikle gıda, kozmetik ve farmasötik endüstrilerde doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilme potansiyelini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akçiçek, E., 2010. A new subspecies of *Stachys cretica* (section Eriostomum, Lamiaceae) from Turkey. Turkish Journal of Botany 34, 131-136.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Esin Karademir, S., Erçağ, E., 2006. The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas. International Journal of Food Sciences and Nutrition 57, 292-304.
- Bahadori, M.B., Kirkan, B., Sarikurcu, C., 2019a. Phenolic ingredients and therapeutic potential of *Stachys cretica* subsp. *smyrnaea* for the management of oxidative stress, Alzheimer's disease, hyperglycemia, and melasma. Industrial Crops and Products 127, 82-87.
- Bahadori, M.B., Kirkan, B., Sarikurcu, C., Ceylan, O., 2019b. Metabolite profiling and health benefits of *Stachys cretica* subsp. *mersinaea* as a medicinal food. Industrial Crops and Products 131, 85-89.
- Goren, A.C., Piozzi, F., Akcicek, E., Kili, T., Ariki, S., Moziolu, E., Setzer, W.N., 2011. Essential oil composition of twenty-two *Stachys* species (mountain tea) and their biological activities. Phytochemistry Letters 4, 448-453.
- Kirkan, B., 2019. Antioxidant potential, enzyme inhibition activity, and phenolic profile of extracts from *Stachys cretica* subsp. *vacillans*. Industrial Crops and Products 140, 111639.
- Kocak, M.S., Sarikurcu, C., Cengiz, M., Kocak, S., Uren, M.C., Tepe, B., 2016. *Salvia cadmica*: Phenolic composition and biological activity. Industrial Crops and Products 85, 204-212.
- Öztürk, M., Duru, M.E., Aydoğmuş-Öztürk, F., Harmandar, M., Mahliçli, M., Kolak, U., Ulubelen, A., 2009. GC-MS analysis and antimicrobial activity of essential oil of *Stachys cretica* subsp. *smyrnaea*. Natural Product Communications 4, 109-114.
- Tepe, B., Sarikurcu, C., Berk, S., Alim, A., Akpulat, H.A., 2011. Chemical composition, radical scavenging and antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus boveii* and *Thymus hyemalis*. Records of Natural Products 5, 208-220.
- Zengin, G., Sarikurcu, C., Gunes, E., Uysal, A., Ceylan, R., Uysal, S., Gungor, H., Aktumsek, A., 2015. Two *Ganoderma* species: Profiling of phenolic compounds by HPLC-DAD, antioxidant, antimicrobial and inhibitory activities on key enzymes linked to diabetes mellitus, Alzheimer's disease and skin disorders. Food & Function 6, 2794-2802.

## KRİYOJENİK SOĞUTMANIN İŞLENEBİLİRLİĞE ETKİSİ

**Selim ESA**

Bartın University, Institute of Postgraduate Education, Department of Mechanical Engineering,  
74100, Bartın

**ORCID ID:** 0009-0005-8564-7907

**Doç. Dr. Yılmaz KÜÇÜK**

Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture & Design, Department of Mechanical  
Engineering, 74100, Bartın

**ORCID ID:** 0000-0002-7559-8794

**Prof. Dr. M. Sabri GÖK**

Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture & Design, Department of Mechanical  
Engineering, 74100, Bartın

**ORCID ID:** 0000-0002-8214-2250

### ÖZET

Bu çalışmada kapsamında, işlenmesi zor malzemelerden titanyum alaşımları ile CFRP kompozitlerin işlenmesi esnasında uygulanan kriyojenik soğutma işleminin işlenebilirliğe etkisi üzerine literatürde yapılmış çalışmaların kısa bir derlemesi yapılmıştır. Kriyojenik soğutma işlemi, sıvı azot (LN2) veya karbondioksit (CO2) gibi kriyojenik akışkanların kesme bölgesine uygulanmasıdır. Bu uygulamalar, genel olarak kesme bölgesi sıcaklığını LN2 ile kuru kesmeye göre kayda değer oranda düşürerek takım aşınmasını azaltmakta ve dolayısıyla takım ömrünü artırmaktadır. Elde edilen veriler, kriyojenik uygulamaların yüzey pürüzlülüğü değerlerinde de iyileşmeler sağladığını göstermektedir. Kriyojenik soğutmanın etkinliği, uygulanan stratejiye bağlı olarak değişmektedir. Titanyum alaşımı frezelemesinde, küçük kesme derinliğinde 20° püskürtme açısı gibi küçük açılar en güçlü soğutma yeteneğini sunarken, Kompakt Grafit Dökme Demir (CGI) işlenmesinde gözlemlendiği gibi, soğuk sertleşme (cold-strengthening) nedeniyle kesme kuvvetlerinde artış gibi bazı zorluklar ortaya çıkabilmektedir. Buna karşılık, CFRP kompozitlerinde çok jetli LN2 sistemi gibi optimize edilmiş yöntemler kullanılarak matris rijitliği artışı sonucu itme kuvveti artsa da, gevrek kırılmayı desteklemesi sayesinde torkta azalma gibi önemli faydalar kaydedilmiştir. Sonuç olarak, kriyojenik soğutma, doğru uygulama stratejileri ve parametre optimizasyonu ile zor işlenebilir malzemelerin işleme mekanizmalarını etkin bir şekilde yönetmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kriyojenik soğutma, işlenebilirlik, kesme parametreleri, CFRP, Titanyum alaşımları

## EFFECT OF CRYOGENIC COOLING ON MACHINABILITY

### ABSTRACT

This study provides a brief review of literature studies on the machinability effects of cryogenic cooling during the machining of difficult-to-machine materials such as titanium alloys and CFRP composites. Cryogenic cooling involves the application of cryogenic fluids such as liquid nitrogen (LN2) or carbon dioxide (CO2) to the cutting zone. These applications generally reduce the cutting zone temperature significantly compared to dry cutting with LN2, reducing tool wear and thus increasing tool life. The data obtained indicate that cryogenic applications also provide improvements in surface roughness. The effectiveness of cryogenic cooling varies depending on the applied strategy. While small angles, such as a 20° spray angle at a small depth of cut, offer the most effective cooling capabilities in titanium alloy milling, some challenges, such as increased cutting forces due to cold-strengthening, can arise, as observed in the machining of Compacted Graphite Cast Iron (CGI). In contrast, using optimized methods like the multi-jet LN2 system in CFRP composites has yielded significant benefits, such as increased thrust due to increased matrix stiffness and reduced torque due to enhanced brittle fracture. In conclusion, cryogenic cooling effectively manages the machining mechanisms of difficult-to-machine materials with the right application strategies and parameter optimization.

**Keywords:** Cryogenic cooling, machinability, cutting parameters, CFRP, Titanium alloys

### 1. GİRİŞ

Titanyum alaşımları ve CFRP kompozitler, yüksek özgül dayanım ve korozyon direnci sayesinde havacılık, otomotiv, enerji ve biyomedikal sektörlerinde kullanım alanını hızla genişletmektedir. Ancak bu malzemelerin üstün mekanik özellikleri, talaşlı imalatla işlenebilirlik zorlukları olarak geri dönmektedir. Titanyumun düşük ısı iletkenliği sebebiyle ısının büyük bölümü talaş üzerinden uzaklaşamaz ve kesici takım–talaş ara yüzünde birikir; kesme bölgesinde 800–1000 °C aralığına çıkabilen sıcaklıklar, difüzyon ve oksidasyon temelli aşınma modlarını hızlandırır, yapışma ve yığılma kenarı (BUE) oluşumunu tetikler, boyutsal doğruluğu olumsuz etkiler (Yang & Liu, 1999). CFRP tarafında ise matriks fazının Tg yakınında yumuşaması lif–matris bağına zayıflatır; delme ve frezeleme işlemlerinde fiber çekilmesi, delaminasyon ve yüzeyde yanık izleri ortaya çıkar (Khanna et al., 2019).

Konvansiyonel emülsiyon bazlı soğutma sıvısı kullanımı, aşırı ısı birikimini sınırlamakla birlikte, atık bertarafı, aerosol oluşumu ve iş sağlığı–güvenliği riskleri gibi nedenlerle sürdürülebilir imalat hedefleriyle giderek daha fazla çelişmektedir. Bu bağlamda kriyojenik

soğutma, özellikle LN<sub>2</sub>'nin -196 °C'lik kaynama sıcaklığı ve yüksek gizli buharlaşma ısısı sayesinde kesme bölgesindeki ısıyı etkin biçimde absorbe ederek, hem ısı hem de tribolojik mekanizmaları iyileştiren çevreci bir alternatif sunmaktadır (Sivarupan et al., 2024). CO<sub>2</sub> bazlı sistemler de pratik kurulum ve taşınabilirlik avantajlarıyla belirli uygulamalarda caziptir; ancak yüksek ısı girdili operasyonlarda LN<sub>2</sub>'nin soğutma gücünün gerisinde kalmaktadır (Patel ve Kumar, 2020). Bu çalışma, titanyum ve CFRP malzemelerde kriyojenik soğutmanın teknik ve çevresel performansını 14 makalenin verilerini bütünleştirerek ele almakta, jet açısı, debi, çoklu-nozul dağılımı ve hedef sıcaklık gibi uygulama parametrelerini mühendislik tasarım kararlarına bağlayan kapsamlı bir çerçeve önermektedir.

## 2. CFRP KOMPOZİTLERİN İŞLENMESİNDE KRIYOJENİK SOĞUTMA UYGULAMALARI

CFRP ve CFRP/Ti hibrit yığınlarının delme ve frezelemesinde kriyojenik soğutma uygulamaları, son yıllarda kompozit malzeme işleme alanında önemli bir araştırma eksenine dönüşmüştür. T700/epoksi ve karbon/epoksi laminatlar için 5–6 mm karbür matkaplarla çeşitli hız ve ilerlemeler denenmiş, tek jetli ve çok jetli LN<sub>2</sub> sistemleri kıyaslanmıştır. İtme kuvveti ölçümleri dinamometre ile yapılmış, delaminasyon faktörü giriş ve çıkış tarafında optik/3D profilometriyle belirlenmiştir. Delik çapı sapması, dairesellik ve yüzey pürüzlülüğü metrikleri CMM ve profilometre ile değerlendirilmiş, takım aşınması SEM mikrograflarıyla analiz edilmiştir (Khanna et al., 2019; Khanna et al., 2020; Cococetta et al., 2021; Mathiyazhagan & Meena, 2022; Gao et al., 2023). Hibrit yığınlarda farklı hedef soğutma seviyeleri (-50, -100, -196 °C) ile optimizasyon aralığı belirlenmiştir.

CFRP malzemelerde işleme sırasında en kritik performans göstergeleri delaminasyon, itme kuvveti ve yüzey bütünlüğüdür. Geliştirilen kriyojenik delme düzeneğinde gerçekleştirilen deneyler, LN<sub>2</sub>'nin itme kuvvetini %20–25 ve delaminasyon faktörünü %15–20 azalttığını; yüzey pürüzlülüğünde belirgin iyileşme sağladığını göstermiştir (Khanna et al., 2019). 3000 dev/dak hız ve 0.05 mm/dev ilerleme kombinasyonunda LN<sub>2</sub> ile en düşük kuvvet ve delaminasyon değerleri elde edilmiş; fiber–matris ara yüzünün daha temiz ve süresizliklerin daha sınırlı olduğu mikrograflarla doğrulanmıştır (Khanna et al., 2020). Kriyojenik ortamda matriks viskozitesinin artması ve T<sub>g</sub>'nin altında kalınması, liflerin bükülerek ayrılması yerine temiz kırılmasını kolaylaştırır; böylece fiber çekilmesi ve kenar yırtılmaları azalmaktadır.

CFRP/Ti hibrit yığın delmede soğutma seviyesi belirleyici olup, -100 °C civarı hedefin delik geometrisi, pürüzlülük ve delaminasyon açısından optimum dengeyi sunduğu bildirilmiştir. -196 °C'de Ti tabakasında mikroçatlak riski artabilirken, -50 °C hedefi CFRP tarafında matris

yumuşamasını yeterince bastıramayabilir. Bu nedenle  $-80$  ile  $-120$  °C bandı, hem kompozit hem metal tabakada hasar modlarını minimal tutan bir aralık olarak önerilmektedir (Liu et al., 2021). Aynı çalışma, çap sapmasının metal tabakada  $+0.15$  mm'den  $+0.05$  mm'ye düştüğünü, CFRP dairesellik hatasının  $0.08$  mm'den  $0.03$  mm'ye gerilediğini rapor ederek, kriyojenik delmenin geometrik doğruluk avantajını da net biçimde ortaya koymuştur.

Soğutma akışının dağılımı CFRP'de kritik mahiyettedir. Çok jetli LN<sub>2</sub> sistemleri, tek jetli uygulamalara kıyasla sıcaklık tepe değerlerini daha fazla düşürmekte, giriş ve çıkış delaminasyonunu ek olarak %10–15 azaltmakta ve dairesellik hatasını üçte bire kadar indirebilmektedir. Çok jetli mimari, kesme bölgesini daha homojen soğutarak ısıl gradyanları azaltır; bu da fiber/matris ayrışmasını sınırlayan temel etkidir. Nitekim çok jetli sistemlerde LN<sub>2</sub>'nin hem üstten hem yandan kesme bölgesine ulaşması, fiber çekilmesini bastırarak pürüzlülüğü  $3.0$  µm'den  $1.4$  µm bandına indirmiş ve takım ömrünü yaklaşık iki katına çıkarmıştır (Agrawal et al., 2022).

CFRP frezelemede de benzer mekanizmalar geçerlidir. T700 sınıfı kompozitlerin LN<sub>2</sub> altında frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğü %55 azalırken, darbe dayanımında %10–15 civarında artış rapor edilmiştir. Bu bulgular, ısıl yumuşamanın bastırılması sayesinde mikroçatlakların ve fiber uçlarındaki kopmaların sınırlanmasıyla açıklanmıştır (Gao et al., 2023). 3B baskılı termoplastik CFRP'nin LN<sub>2</sub> ile işlenmesinde, post-process yüzey kalitesinin konvansiyonel işleme göre %40 iyileştiği; polimer fazın termal akmasının önlendiği ve yüzey topografisinin daha homojen hale geldiği bildirilmiştir (Cococetta et al., 2021). Ayrıca akustik emisyon (AE) sensörleri ile yapılan modelleme çalışmaları, LN<sub>2</sub> ortamında takım aşınması ilerlemesinin kuru koşullara kıyasla yaklaşık 1.8 kat daha yavaşladığını, AE imzalarının delaminasyon ve fiber çekilmesi olaylarıyla güçlü korelasyonlar verdiğini göstermiştir (Mathiyazhagan & Meena, 2022). Bu sonuç, kriyojenik işleme sırasında süreç sağlığının gerçek zamanlı izlenmesine yönelik akıllı üretim uygulamalarına kapı aralamaktadır.

### **3. TİTANYUM ALAŞIMLARININ İŞLENMESİNDE KRİYOJENİK SOĞUTMA UYGULAMALARI**

Titanyum alaşımlarında kriyojenik soğutma etkileri, ısıl, tribolojik ve geometrik açıdan geniş kapsamlı olarak araştırılmıştır. Ti-6Al-4V ve  $\beta$ -tipi Ti-5553 başta olmak üzere  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\alpha+\beta$  fazlı alaşımlar değerlendirilmiş; kesme hızları 30–210 m/dak aralığında, ilerleme oranları 0.05–0.15 mm/dev aralığında, kesme derinlikleri 0.5–1.2 mm bandında test edilmiştir. Soğutma koşulları kuru, emülsiyon, MQL, LN<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> olarak çeşitlenmiş; LN<sub>2</sub>'nin hem iç kanal hem dış nozul ile

talaş ve yan yüze yönlendirilmesi, jet açısı olarak 30°, 60° ve 90° senaryoları incelenmiştir (Kaynak & Gharibi, 2019; Wang et al., 2024; Agrawal et al., 2022; Gupta et al., 2023).

Titanyum alaşımları için en belirgin kazanım kesme sıcaklığındaki düşüştür. Ti-5553 üzerinde gerçekleştirilen sistematik çalışmada kuru işleme altında 516 °C mertebesindeki kesme sıcaklığı LN<sub>2</sub> ile 264 °C'ye düşmüş, yüksek hızlarda bu fark daha da açılmıştır (Kaynak & Gharibi, 2019). CO<sub>2</sub> kullanımı 310–330 °C bandında sonuçlar verirken, LN<sub>2</sub>'nin daha düşük kaynama sıcaklığı ve gizli ısısı sayesinde termal yükü daha etkin çektiği gözlenmiştir (Patel & Kumar, 2020). Bu ısı rahatlatma, difüzyon ve oksidasyon temelli aşınma mekanizmalarını baskılamış; yan yüz aşınması 0.25–0.30 mm bandından 0.12–0.15 mm bandına gerilemiştir. XRD ve mikrosertlik profilleri, LN<sub>2</sub> altında  $\alpha+\beta$  faz kararlılığının korunduğunu, kuru işleme altında ise yüzey altı bölgede ısı yumuşama ve faz yeniden düzenlenmesi işaretlerini göstermiştir (Kaynak & Gharibi, 2019).

Kesme kuvvetleri ve talaş morfolojisi de belirgin biçimde değişmektedir. LN<sub>2</sub> koşullarında kesme kuvveti kuruya kıyasla %25–30 azalmakta, uzun ve sürekli talaşlar kısa ve segmentli hale gelmektedir. Testere dişi yapısının düzenli aralıklarla oluşması, talaş tahliyesini kolaylaştırarak kesici kenar üzerindeki sürtünme yükünü düşürmektedir (Sivarupan et al., 2024). Jet açısı bu bağlamda kritik bir parametredir. 60° jet açısı, LN<sub>2</sub>'nin hem talaş yüzeyine hem de yan yüze nüfuzunu artırarak en düşük kuvvet ve aşınma sonuçlarını üretmiş; 90° dik darbe en düşük sıcaklığı sağlasa da geri sıçrama nedeniyle soğutma homojenliği düşmüş, 30° açı ise kesme bölgesine isabeti sınırlı bırakmıştır (Wang et al., 2024). Bu nedenle LN<sub>2</sub> akışının talaş akışıyla eşgüdümlü ve iki yüzeyi aynı anda görecektir şekilde yönlendirilmesi önerilmektedir.

İnce cidarlı titanyum bileşenlerin frezelenmesinde LN<sub>2</sub>, ısıl deformasyonu ve çarpılmayı belirgin biçimde azaltmıştır. İnce duvarlı Ti-6Al-4V parçalar üzerinde raporlanan çalışma, LN<sub>2</sub> ile yüzey pürüzlülüğünde ve boyutsal doğrulukta sistematik iyileşme bildirirken, ısıl genleşme farklarının neden olduğu eğilme ve çarpılma miktarında %65'e varan düşüş göstermiştir (Wang & Wang, 2022). Delme operasyonlarında ise hedef soğutma seviyesinin optimizasyonu önem kazanmaktadır. –196 °C'lik aşırı soğutma bazı hız–ilerleme kombinasyonlarında termal şok ve mikroçatlak risklerini büyütebilirken, –100 °C civarı sıcaklıklar hem yüzey bütünlüğünü hem delik geometrisini en iyi dengeyle desteklemiştir (Liu et al., 2021).

Tribolojik açıdan LN<sub>2</sub>, yapışma ve oksidasyonu sınırlayarak sürtünme katsayısını düşürmekte, gerçek temas alanını küçültmekte ve takım–talaş ara yüzündeki kimyasal etkileşimleri zayıflatmaktadır.  $\alpha$ - $\beta$  titanyum alaşımında yürütülen tribolojik performans odaklı tornalama

deneyleri,  $LN_2$  ile sürtünme katsayısının anlamlı biçimde düştüğünü, aşınma izlerinin homojenleştiğini ve difüzyon aşınması izlerinin ortadan kalktığını göstermiştir (Gupta et al., 2023). Buna paralel olarak, Ti-6Al-4V üzerinde kuru ve kriyojenik koşulların kıyaslandığı çalışmalarda  $LN_2$ 'nin pürüzlülüğü %40–50 azaltıp takım ömrünü iki kata kadar yükselttiği rapor edilmiştir (Agrawal et al., 2022).

Genel değerlendirmede, titanyum alaşımlarında kriyojenik soğutmanın kesme sıcaklığını ortalama %50 azaltarak takım ömrünü 2–3 kat uzattığı, kesme kuvvetlerini %20–30 düşürdüğü, yüzey pürüzlülüğünde %30–60 iyileşme sağladığı; ayrıca boyutsal doğruluk ve faz kararlılığını koruduğu görülmektedir (Sivarupan et al., 2024; Kaynak & Gharibi, 2019).

$CO_2$  soğutma taşınabilirlik ve entegrasyon kolaylığı sunarken, termal kapasite bakımından  $LN_2$ 'nin gerisinde kalan bir seçenek olarak değerlendirilmektedir.

Kriyojenik soğutma, soğutucu yağların üretimi, dolaşımı ve bertarafı gibi süreçleri ortadan kaldırdığı için yaşam döngüsü değerlendirmelerinde çevresel avantajlar sağlar. Derleme çalışmalarında  $LN_2/CO_2$  tabanlı sistemlerin enerji tüketiminde %60–90, karbon emisyonlarında %40–70 arası azalma potansiyeli gösterdiği rapor edilmiştir (Sivarupan et al., 2024). İş istasyonunda aerosol ve sis oluşumunun ortadan kalkması, iş sağlığı–güvenliği açısından ek kazanımlar sunar.  $LN_2$ 'nin üretim ve lojistiği süreç maliyetine eklense de yağ satın alma ve atık bertarafının kalkması toplam sahip olma maliyetini dengeleyebilir.

## SONUÇLAR

Bu literatür taraması, titanyum alaşımlarında ve CFRP kompozitlerin işlenmesi esnasında uygulanan kriyojenik soğutmanın teknik performans ve sürdürülebilirlik açısından belirgin üstünlük sağladığını göstermektedir. Titanyumda  $LN_2$ , kesme sıcaklığını yaklaşık yarıya indirerek difüzyon/oksidasyon kaynaklı aşınma modlarını bastırmakta, takım ömrünü 2–3 kat artırmakta ve pürüzlülük ile boyutsal doğruluğu sistematik biçimde iyileştirmektedir (Kaynak & Gharibi, 2019; Sivarupan et al., 2024). Jet açısının  $60^\circ$  civarında seçilmesi, içten kanal veya nozul yerleşiminin talaş akışıyla eşgüdümlü tasarlanması ve yeterli–dengeli debi, bu kazanımların sürekliliği açısından kritik parametrelerdir (Wang et al., 2024). İnce cidarlı bileşenlerde ısıl deformasyon ve çarpılmanın belirgin biçimde azalması, kriyojenik frezelemenin geometri hassasiyeti gerektiren parçalar için stratejik bir araç olduğunu doğrulamaktadır (Wang & Wang, 2022).

CFRP ve hibrit yığınlar da  $LN_2$ , delaminasyonu ve itme kuvvetini %20–30 oranında düşürmekte, dairesellik ve çap sapmalarını anlamlı biçimde iyileştirmekte ve yüzey pürüzlülüğünü %40–55 azaltmaktadır (Khanna et al., 2019; Khanna et al., 2020). Çok jetli

mimariler sıcaklık alanını homojenleştirerek fiber/matris ayrılmasını azaltmakta, takım ömrünü artırmakta ve geometrik hataları minimal düzeye indirmektedir (Agrawal et al., 2022). CFRP/Ti yığın delmede  $-80$  ile  $-120$  °C bandı, aşırı soğumanın getirebileceği mikroyapısal kırılma riskini büyütmeden hem kompozit hem metal tabakada kaliteyi maksimize eden bir optimizasyon aralığı sunmaktadır (Liu et al., 2021).

Sürdürülebilirlik boyutunda  $LN_2/CO_2$  tabanlı stratejiler, yağ atığı bertarafını ortadan kaldırarak enerji ve emisyon metriklerinde güçlü avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle kriyojenik soğutma, ileri imalat süreçlerinde yalnızca bir “alternatif soğutma yöntemi” değil; kalite, verim ve çevresel performansı birlikte optimize eden bütüncül bir proses mühendisliği çözümü olarak konumlanmalıdır.

Bu çalışma, titanyum ve CFRP literatürünü aynı termal-tribolojik çerçevede eşzamanlı okuyarak, akış geometrisi (jet açısı, çoklu-nozul), hedef soğutma seviyesi ve malzeme yanıtı arasındaki nedensel bağlantıları açık biçimde ortaya koymuştur. Özellikle  $60^\circ$  jet açısının titanyumda, çok jetli akışın ise CFRP’de optimum sonuçları üretmesi; hibrit yığınlarda delme işleminde  $-100$  °C civarında soğutma işleminin optimum fayda sağladığı görülmüştür. İnce cidarlı titanyum bileşenlerde ısıl deformasyonun belirgin azalması ve AE tabanlı durum izleme yaklaşımlarının kriyojenik süreçlere başarıyla entegre edilebilmesi, endüstriyel tasarım kararlarına doğrudan rehberlik edebilecek bulgulardır. Sentez, kriyojenik sistemlerin yalın bir “soğutma” tercihindan öte, proses penceresini genişleten ve kalite-maliyet-çevre üçgeninde yüksek fayda üreten bir mühendislik stratejisi olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKÇA

- Agrawal, C., Khanna, N., Pimenov, D. Y., Wojciechowski, S., Giasin, K., Sarıkaya, M., Yıldırım, Ç. V., & Jamil, M. (2022). Experimental investigation on the effect of dry and multi-jet cryogenic cooling on the machinability and hole accuracy of CFRP composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 1772-1783. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.03.096>
- Arunprasath, K., Thivagar, A., Mathan, P., & Yuvararasimman, P. (2020). Cryogenic turning of titanium alloys: Machinability characteristics and environmental consequences. *Materials Today: Proceedings*, 66, 749-753. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.047>
- Cococcetta, N., Jahan, M. P., Schoop, J., Ma, J., Pearl, D., & Hassan, M. (2021). Post-processing of 3D-printed thermoplastic CFRP composites using cryogenic machining. *Journal of Manufacturing Processes*, 68, 332-346. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.05.054>
- Gao, X., Zhao, W., Yuan, Y., He, N., Jamil, M., & Kong, F. (2023). Experimental investigations of impact behavior and milling performance of T700-CFRP under cryogenic conditions. *Journal of Manufacturing Processes*, 108, 204-216. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.11.015>
- Gupta, M. K., Song, Q., Liu, Z., Sarıkaya, M., Mia, M., & Pimenov, D. Y. (2023). Tribological performance-based machinability investigations in cryogenic cooling assisted turning of  $\alpha$ - $\beta$  titanium alloy. *Tribology International*, 160, 107032. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107032>
- Kaynak, Yusuf & Gharibi, Armin. (2018). Cryogenic Machining of Titanium Ti-5553 Alloy. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 10.1115/1.4042605.

- Khanna, N., Desai, K., Sheth, A., & Larsen, J. Ø. (2019). CFRP machining on indigenously developing cryogenic machining facility: An initial study. *Materials Today*, 18, 4598-4604. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.434>
- Khanna, N., Pusavec, F., Agrawal, C., & Krolczyk, G. M. (2020). Measurement and evaluation of hole attributes for drilling CFRP composites using an indigenously developed cryogenic machining facility. *Measurement*, 154, 107504. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107504>
- Liu, S., Meng, Z., Liang, S., Wang, T., Niu, H., Luo, B., & Zhang, K. (2021). Effect of cooling temperature on machinability and hole quality in cryogenic drilling of CFRP/Ti stacks. *Journal of Materials Research and Technology*, 36, 10383-10394. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.05.213>
- Mathiyazhagan, V., & Meena, A. (2022). Predictive modelling of tool wear in CFRP drilling using acoustic emission sensors under dry and cryogenic conditions. *Wear*, 570, 205930. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2025.205930>
- Sivarupan, T., Bermingham, M., Ng, C. H., Sun, S., & Dargusch, M. (2024). A review of the use of cryogenic coolant during machining titanium alloys. *Sustainable Materials and Technologies*, 40, e00946. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e00946>
- Wang, F., Wang, Y. Effect of cryogenic cooling on deformation of milled thin-walled titanium alloy parts. *Int J Adv Manuf Technol* **122**, 3683–3692 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10137-y>
- Wang, F., Qin, Y. & Sun, L. Effect of liquid nitrogen jet impingement angle on machinability of titanium alloy in cryogenic cooling. *Int J Adv Manuf Technol* **131**, 1185–1201 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00170-024-13116-7>
- Yang, X., & Richard Liu, C. (1999). MACHINING TITANIUM AND ITS ALLOYS. *Machining Science and Technology*, 3(1), 107–139. <https://doi.org/10.1080/10940349908945686>

## TİTANYUM ALAŞIMLARININ DİK İŞLEME TEZGAHLARINDA İŞLENEBİLİRLİĞİ

**Tuna ARSLAN**

Bartın University, Engineering & Architecture and Design Faculty, Department of Mechanical Engineering, Bartın

**ORCID ID:** 0009-0006-0125-0572

**Doç. Dr. Yılmaz KÜÇÜK**

Bartın University, Engineering & Architecture and Design Faculty, Department of Mechanical Engineering, Bartın

**ORCID ID:** 0000-0002-7559-8794

**Prof. Dr. M. Sabri GÖK**

Bartın University, Engineering & Architecture and Design Faculty, Department of Mechanical Engineering, Bartın

**ORCID ID:** 0000-0002-8214-2250

### ÖZET

Titanyum ve alaşımları; havacılık ve uzay sanayii, biyomedikal uygulamalar, denizcilik, pigment üretimi gibi birçok sektörde tercih edilmektedir. Yüksek mukavemet ve ağırlık dengesi, biyoyumluluk ve korozyon direnci tercih edilmesinde belirgin özelliklerdendir. Titanyumun mekanik ve kimyasal özellikleri kullanılmak istenen alaşımların elde edilmesini ve işlenebilirlik derecesini zorlaştırmaktadır. Titanyumun işlenebilirliğini etkileyen parametrelerin anlaşılması üretim verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Düşük ısı iletimi, yüksek kesme kuvveti gereksinimi, yetersiz soğutma sistemi sebebiyle takım aşınmaları meydana gelmektedir. Devir ve ilerleme hesaplamaları, kesici takım malzemesi seçimi, gerekli paso ölçülerinin dikkatlice seçilmesi gerekmektedir. Bir başka dikkat edilmesi gereken nokta da yüzey kalitesindeki sorunlardır. Titreşim kaynaklı ve ısının kontrolsüz olması dolayısıyla mikro çatlaklar, yanık izleri ve yüzeyde mikron derecesinde plastik deformasyona sebep olabilir. Bunlar ile birlikte hassas tolerans aralığında parça işlemek zorlaşmaktadır. İşleme performansını doğrudan etkileyen unsurlar arasında kesme parametreleri, kullanılan takım malzemesi ve uygulanan soğutma yöntemleri yer almaktadır. Bu değişkenlerin bir arada ele alınması, üretim sürecinde daha kararlı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Elde edilen bulgular, özellikle havacılık ve biyomedikal sektörlerinde kullanılan hassas parçaların üretiminde dikkate alınması gereken teknik kriterleri ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, titanyum alaşımlarının dikey işleme tezgahlarında işlenmesinde ki problemler ve çözümleri hakkında literatür taraması yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Frezeleme işlemi, kesici takım aşınması, kesme parametreleri, soğutma sistemleri, talaşlı imalat, titanyum alaşımları, yüzey kalitesi

## MACHINABILITY OF TITANIUM ALLOYS IN VERTICAL MACHINING CENTERS

### ABSTRACT

Titanium and its alloys are widely preferred in various industries such as aerospace, biomedical applications, marine engineering, and pigment production. High strength-to-weight ratio, biocompatibility, and corrosion resistance are among the prominent features that make titanium desirable. However, the mechanical and chemical properties of titanium complicate the development of desired alloys and reduce their machinability. Understanding the parameters that affect the machinability of titanium is critically important for manufacturing efficiency. Due to low thermal conductivity, high cutting force requirements, and insufficient cooling systems, tool wear becomes a significant issue. Calculations of spindle speed and feed rate, selection of cutting tool materials, and careful determination of depth of cut are essential. Another point of concern is surface quality. Vibrations and uncontrolled heat may lead to microcracks, burn marks, and micron-level plastic deformation on the surface. These factors make it difficult to machine parts within tight tolerance ranges. Cutting parameters, tool materials, and cooling methods are among the key factors that directly affect machining performance. Considering these variables together contributes to achieving more stable results in the production process. The findings reveal technical criteria that must be considered in the manufacturing of precision components, especially in the aerospace and biomedical sectors. This study presents a literature review on the problems and solutions related to machining titanium alloys in vertical machining centers.

**Keywords:** Milling process, tool wear, cutting parameters, cooling systems, machining, titanium alloys, surface quality

### GİRİŞ

Titanyum (Ti), inert bir kimyasal yapıya sahip ve korozyon direnci oldukça yüksektir. Çelik kadar güçlü ve alüminyumun iki katı kadar dayanıklı bir malzemedir. Çelikten %45 kadar hafif ve alüminyumdan %60 daha ağırdır. İngiliz din adamı ve amatör jeolog William Gregor tarihte ilk kez titanyumu keşfetti. Bu beyaz metalik okside ismini veren ise Alman kimyager Martin Klaproth' dur. Ticari anlamda elde edilmesi zor olan bu metalin üretim yöntemini 1938 yılında William Kroll, "Kroll Yöntemi" olarak geliştirmiştir (U.S. Geological Survey, 2013). Titanyumu yaygın bir metal haline getirmek için yüksek hızlı, enerji tasarruflu, düşük maliyetli ve düşük çevresel etkiye sahip bir elde etme yöntemine ihtiyaç vardır (Takeda, Ouchi, & Okabe, 2020).

Titanyum, **yüksek dayanımı, yüksek korozyon direnci ve düşük yoğunluğu** sayesinde günümüz teknolojisinin önemli metallerinden biridir. **Özellikle havacılık, otomotiv, spor ekipmanları ve su altı sistemleri** gibi dayanıklılığın ve korozyon direncinin büyük önem taşıdığı alanlarda **tercih edilmektedir**. Biyouyumlu yapısı sayesinde **titanyum; kalp pilleri, yapay eklemler ve kemik sabitleyiciler gibi tıbbi implantlarda güvenle kullanılabilir**.

### 1. Metallerin İşlenebilirliğini Etkileyen Faktörler

Frezeleme, talaşlı imalatla sıklıkla uygulanan bir işleme yöntemidir. Temel olarak dönel hareketli kesici takımın koordinat düzleminde hareket ederek iş parçasından talaş kaldırılması işlemidir. Kesme mekaniğinin anlaşılması, iş parçasının istenen geometriye, tolerans aralığına ve yüzey kalitesine minimum zaman ve maliyet harcanarak imal edilmesi için büyük önem taşımaktadır. Kesme mekaniğinin anlaşılabilmesi için öncelikle; iş parçasının malzeme özellikleri, devir/ilerleme değerleri, kesici takım malzemeleri (HSS, karbür, seramik vb.), soğutma sıvısı (bor yağı, kesme yağı, kriyojenik soğutma vb.) kullanımı, parça bağlama mantığı incelenmelidir (Demirpolat, Kuntoğlu , & Binali, 2023). Ayrıca, bir parçanın işlenebilmesi için kesici takımların görevleri de bilinmelidir. En sık kullanılan kesici takım çeşitleri; parmak frezeler (düz, küresel, uç açılı, yüzey frezeleri), kanal açma takımları, matkaplar, kılavuz çekme takımları, pah ve rayba takımlarıdır. Düz ve küresel frezeler 2D ve 3D işlemlerde kullanılırken, yuvarlak uçlu ve uç açılı frezeler duvar diplerinde sırasıyla yuvarlatma ve pahlar için idealdir. Delik işleme için nokta matkabı, helisel matkap, havşa matkabı, kılavuz ve rayba gibi takımlar kullanılmaktadır (Autodesk & Texas A&M University, 2012, s. 3-3-3-7).

Titanyum alaşımları alfa, alfa-beta ve beta alaşımları olarak sınıflandırılmaktadır. Isıl iletkenliğin düşük olması sebebiyle talaşlar kesici kenarlara yapışmaya meyillidir. Yüzeyin işlenmesiyle birlikte oluşan oksidasyon nedeniyle kesici takımın tepkimeye girme eğilimi de artar. Talaşların ince olması ve kesici kenarların yüksek ısıda olması sebebiyle soğutma sistemi oldukça önemlidir. Titanyumun mukavemetini arttırmak, iç gerilmeleri gidermek için yapılan işlemler (tavlama, yaşlandırma vb.) ve elastisite modülünün düşük olması sebebiyle takımın uyguladığı yük kaynaklı sehim oluşabilir. Saf titanyum ve alfa tip alaşımlarda işlenebilirlik beta alaşımlarına göre daha yüksektir. Başarılı bir parça işlemek için takım seçerken yüksek abrazyon aşınma direnci, plastik deformasyon direnci, difüzyon aşınma direnci, tokluk özelliklerinin doğru seçilmesi önem taşır (Çakır, 2018, s. 239-240).

## 2. Titanyum İşlemede Kesici Takım Malzemeleri ve Aşınma Mekanizmaları

Yapışma ve kimyasal reaksiyon gösteren titanyum nitrür (TiN) katkılı sermet ve titanyum karbür (TiC) kaplamalı kesici takımlar önemli oranda aşınmaktadır. Kübik bor nitrür (CBN) ve seramik kesici takımlar kullanıldığında ise yan yüzeylerinde (flank) ve talaş yüzeyinde (rake face) belirgin oluk aşınması görülmektedir. Tungsten karbür, bağlayıcısız CBN (BCBN), sinterlenmiş elmas takımlar daha iyi performans göstermektedir. Uygun devir/ilerleme ve soğutma altında tungsten karbür 30dk'lık işleme sonunda oldukça az aşınma göstermektedir. Bağlayıcı içermediği için BCBN takımlar yüksek sıcaklık dayanımı ve termal iletkenlik sağlamaktadır. Ayrıca işleme sırasında takımın yan yüzeyine yapışan iş parçası bir süre aşınmayı önlemektedir (Pramanik, Islam, Basak, & Littlefair, 2013).

Kobalt bağlayıcılı tungsten karbür (WC/Co) kesici takımlar, kaplamalı karbür takımların, farklı çelik ve süper alaşımlarda sağlıklı sonuçlar vermesine karşın titanyumun işlenmesinde daha etkilidir. TiN, TiC, titanyum karbonitrür (TiCN), alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) ve hafniyum nitrür (HfN) gibi kaplamalar yüksek aşınma göstermektedir. Alüminyum silisyum titanyum nitrür (AlSiTiN) ve titanyum karbonitrür (TiCN) benzeri çok katmanlı kaplamalar, kaplamasız takımlardan daha iyi aşınma direnci ve daha iyi yüzey kalitesi sonuçlarını vermektedir. Son yıllarda  $TiB_2$ ,  $AlMgB_{14}-TiB_2$  kompozitleri ve elmas benzeri karbon (DLC) destekli hibrit kaplamalar, difüzyon aşınmasını azaltarak takım ömrünü artırma potansiyeli göstermektedir. Ayrıca polikristalin elmas (PCD) ve CBN kesici takımlarının kaplamalı karbürlerle göre daha yüksek performans gösterdiği bazı kaynaklarda belirtilmektedir (Chowdhury, 2016).

Ti-6Al-4V ve Ti-55531 alaşımlarının işlenmesinde takım aşınması; malzeme mikro yapısı, kesme parametreleri ve takım özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Ti-55531, daha yüksek mikro sertlik ve ince tane yapısı nedeniyle kesici takım üzerinde daha yoğun mekanik aşınma oluşturan bir yapıya sahiptir. Literatürde kullanılan kesici takımlar, %6 kobalt bağlayıcılı tungsten karbürden üretilmiş olup, titanyum alüminyum nitrür (TiAlN) kaplama ile desteklenmiştir. TiAlN kaplaması, 3400–3600 HV sertlik, düşük ısı iletkenlik ( $10 W/m \cdot K$ ) ve  $900^\circ C$ 'ye kadar oksidasyon direnci sağlayarak krater ve yapışmalı aşınmaya karşı koruma sağlayabilmektedir. Bu özellikler, yüksek sıcaklık ve kesme kuvvetleri altında takım ömrünü artırmaktadır (Nouari & Makich, 2014).

Ti6Al4V alaşımının frezeleme işlemi sırasında karbür, SiAlON ve CBN kesici uçların performansı karşılaştırmalı olarak incelenip Yanıt Yüzeyi Yöntemi (RSM) ile optimize edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği parametreleri kullanılmış; takım ömrü Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve optik mikroskop

analizleriyle değerlendirilmiştir. En uzun takım ömrü karbür uçta 30,07 dakika olarak ölçülmüş, SiAlON için 29,08 dakika, CBN için ise 29,33 dakika elde edilmiştir. Karbür uçlar hem aşınma direnci hem de maliyet açısından en uygun seçenek olarak belirlenmiştir (Phokoby, Desai, Tlhabadira, Sadiku, & Mutombo, 2024).

### **3. Titanyum Alaşımlarında Kesme Parametrelerinin İşleme Performansına Etkileri**

Titanyum alaşımları, düşük ısı iletkenlikleri, yüksek kimyasal reaktiviteleri ve görece düşük elastik modülleri nedeniyle işlenmesi zor malzemeler arasında yer almaktadır. Bu özellikler, kesme sırasında oluşan sıcaklığın artmasına, takım aşınmasının hızlanmasına ve iş parçasında istenmeyen deformasyonlara neden olmaktadır. Bu nedenle, kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametrelerin doğru seçimi, verimli bir işleme için önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalar, Ultrasonik Takım Titreşimli Yüksek Hızlı Frezeleme (UTVHM), Döner Ultrasonik Uç Frezeleme (RUEM) ve Yüksek Basıncılı Döner Ultrasonik Uç Frezeleme (HRUEM) gibi ultrasonik destekli frezeleme yöntemlerinin bu zorlukları önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Bu yöntemler sayesinde kesme kuvvetlerinde %17–45 arasında azalma, yüzey pürüzlülüğünde %30–36 oranında iyileşme ve takım ömründe dikkate değer artışlar bilinmektedir. Özellikle HRUEM yöntemi, yüksek basınçlı soğutma sistemiyle birlikte kullanıldığında, kesme bölgesindeki sıcaklığı düşürerek yapışmalı aşınmayı azaltmakta ve talaş tahliyesini kolaylaştırmaktadır. (Wang, ve diğerleri, 2025)

Gain–flat stimulus-based dynamic evaluation method ile yapılan optimizasyon sonucunda en uygun işleme koşulları; talaş açısı  $8^\circ$ , kesme hızı 37,68 m/dk ve kesme genişliği 0.2 mm sabitken, boşluk açısı  $9^\circ$ , helis açısı  $30^\circ$ , dış başına ilerleme 0.15 mm/z ve kesme derinliği 2.5 mm olarak belirlenmiştir. Bu kombinasyon, takım aşınmasını minimuma indirirken malzeme kaldırma oranını 4.8 mm<sup>3</sup>/s seviyesinde sabit tutmuştur. Literatürdeki sonlu elemanlar analizlerinde ilk kesme fazında 0.00934 mm/s, üçüncü fazda 0.00156 mm/s olarak ölçülen aşınma hızlarının, optimize edilmemiş koşullardaki 0.07030 mm/s değerine göre belirgin biçimde azaldığı görülmüştür (Yue, ve diğerleri, 2021).

Ti6Al4V alaşımının yüksek hızda frezelenmesinde, kesme kuvvetleri üzerinde en belirleyici etkenin kesme derinliği olduğu tespit edilmiştir. İş mili devri 6000–10.000 dev/dk aralığında artırıldığında  $F_y$  ve  $F_z$  kuvvetlerinde azalma gözlenmiş,  $F_x$  kuvveti ise sabit kalmıştır. İlerleme miktarı 0.6–1.0 mm/dev aralığında arttıkça tüm kuvvet bileşenleri yükselmiştir. Regresyon analiziyle oluşturulan üç boyutlu model, yüksek güven düzeyiyle doğrulanmış ve kesme kuvvetlerinin tahmini için kullanılabilir bulunmuştur (Huahong, ve diğerleri, 2025).

Yapılan bir araştırmada, yüksek kesme hızlarının talaş segmentasyonunu azaltarak yüzey kalitesini belirgin biçimde iyileştirdiği belirtilmiş olup bu durum, parçacık kırılması ve takım-parçacık aşınmasının minimum seviyeye indirilmesiyle açıklanmaktadır. Özellikle Ti6Al4V alaşımının frezeleme işlemlerinde, kesme hızı 59 m/dk'dan 230 m/dk'ya kadar artırıldığında daha homojen talaş oluşumu gözlenmiş ve yüzeyde mikro çatlak oluşumu azalmıştır. İlerleme miktarı ise yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan ilişkilendirilmiştir. Karbür takımlar kullanılarak 0.27 mm/dev ilerleme oranında yaklaşık 1.75  $\mu\text{m}$  yüzey pürüzlülüğü elde edilirken, PCD takımlar ile yapılan optimizasyon sonucunda bu değer 0.18  $\mu\text{m}$ 'ye kadar düşürülmüştür. Bu sonuçlar, yüzey profilometresi ölçümleri ve yan yüzey aşınma analizleriyle doğrulanmış; PCD takımların daha düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma direnci sayesinde yüzey kalitesinde performans açısından üstünlük sağlamaktadır (Shetty, ve diğerleri, 2025).

#### **4. Titanyum İşlemede Soğutma Sistemleri**

Titanyum alaşımlarının soğutma sistemi olmadan işlenmesi sürdürülebilir bir işlem değildir. Bu şekilde işleme yapıldığında kesici takım aşınmaları ve özgül enerji tüketimi çok fazla olmaktadır. En düşük takım aşınması ve en düşük enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> ile kısıtlanmalı soğutma ile 0,6 kg/dk ve 150–200 m/dk arasındaki değerlerde gözlemlenmiştir. LN<sub>2</sub> ise iş parçasını aşırı soğutmuş, akma gerilimini arttırmıştır. Bu yüzden düşük kesme hızlarında aşınmayı arttırmış ve enerji tüketimini arttırmıştır (Iqbal, ve diğerleri, 2021).

Ti-6Al-4V ince duvarlı parçaların işlenmesinde yüksek malzeme kaldırma oranının sebep olduğu yoğun kesme ısı, takım ve iş parçası çiftinde yüksek kimyasal reaktiviteye, termal yumuşamaya ve karmaşık termal gerilim dağılımına neden olmaktadır. Minimum Miktarda Yağlama (MQL)'nin soğutma ve yağlama kapasitesi yapılan çalışmada 4500dev/dak'ın üzerinde kesme devrine ulaştığında yetersiz kalmaktadır. Fakat Kriyojenik Minimum Miktarda Yağlama (CMQL)'nin -15 °C sıcaklıkta uygulanması, kesme sürecini daha kararlı hâle getirerek termo-mekanik yükleri azaltmış ve ince duvarlı parçaların boyutsal hassasiyetini arttırmıştır. Ayrıca, mikro damlacıkların yüzey tutunma kabiliyeti, kesme bölgesinde kararlı bir yağlama filmi oluşumunu sağlamaktadır. Yapılan deneylerde, 3000 rpm iş mili devrinde maksimum geometrik sapma geleneksel taşma soğutmaya kıyasla %54,74, MQL'ye kıyasla %36,99, maksimum kalınlık hatası ise sırasıyla %53,51 ve %20,56 oranında azalmıştır. Uygun CMQL ve kesme parametrelerinin seçilmesiyle soğutma sıvısı ve takım maliyetlerinin önemli ölçüde düşürülebileceğini göstermektedir (Wu, Mao, Pan, Li, & Ding, 2023).

Nano-hibrit MQL sistemiyle yapılan titanyum alaşımı işleme deneylerinde, düşük kesme hızı ve ilerleme oranı takım ömrünü uzatmış, yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmiştir. Yüksek kesme

hızı ve ilerleme oranı ise kesme bölgesinde ısı birikimini artırarak sistemin soğutma etkisini sınırlandırmış, takım aşınmasını hızlandırmıştır. Lazer taramalı mikroskop ile aşınma ilerleyişi detaylı biçimde izlendiğinde; kırılma, krater aşınması ve yapışma izleri gibi mekanizmalar gözlenmiştir. Soğutma sisteminin etkinliği, kesme parametrelerinin doğru seçimiyle doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmaktadır (Noor & Hadi, 2023).

TC6 titanyum alaşımının işlenmesinde uygulanan CMQL sistemi, takım aşınmasını %50'ye kadar azaltmış ve yüzey pürüzlülüğünde %42 iyileşme sağlamaktadır. Bu sonuçlar, kesme bölgesindeki sürtünme ve ısıyı azaltan etkin soğutma ve yağlama etkisiyle elde edilmiştir. CMQL ayrıca işleme verimliliğini %20–30 oranında artırmıştır (Zhang, ve diğerleri, 2024).

Ti-3Al-2.5V alaşımının işlenmesinde uygulanan hibrit LN<sub>2</sub> + MQL soğutma sistemi, takım aşınmasını azaltmış, yüzey kalitesini iyileştirmiş ve özgül kesme enerjisini düşürmüştür. Kuru kesimde yüksek sıcaklık nedeniyle takım ömrü kısalmış ve yanma izleri oluşmuştur. Hibrit sistem, kesme bölgesindeki sürtünmeyi ve sıcaklığı azaltarak daha düzgün yüzeyler ( $R_a \approx 0.6 \mu m$ ) ve daha düşük aşınma oranları ( $R \leq -9.15$ ) sağlamıştır. LN<sub>2</sub> ve MQL ayrı ayrı etkili olsa da, hibrit uygulama en düşük aşınma ve en iyi yüzey kalitesini sunmaktadır (Gupta, et al., 2023).

## 5.SONUÇ

Bu çalışmada, titanyum alaşımlarının dik işleme tezgâhlarında işlenebilirliği; kesici takım malzemeleri, kesme parametreleri ve soğutma sistemlerini kapsayan literatürdeki çalışmalar incelenmektedir. Çalışmanın temel sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Titanyum alaşımlarının düşük ısı iletkenliği, yüksek kesme kuvveti gereksinimi ve kimyasal reaktivitesi, takım aşınmasını hızlandırmakta ve yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir.
- En uygun takım malzemeleri arasında tungsten karbür, BCBN ve PCD yer almaktadır ve bu takımlar, yüksek sıcaklık dayanımına ve düşük aşınma oranlarına sahiptir (Pramanik, Islam, Basak, & Littlefair, 2013).
- Kesme parametrelerinin optimizasyonu, özellikle kesme hızı ve ilerleme miktarının doğru seçimi hem takım ömrünü uzatmakta hem de yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmektedir.
- Ultrasonik destekli frezeleme yöntemleri (UTVHM, RUEM, HRUEM), kesme kuvvetlerini %17–45 oranında azaltmakta ve yüzey kalitesinde %30–36 iyileşme sağlamaktadır (Wang, ve diğerleri, 2025).
- Geleneksel soğutma sıvısı sistemleri yetersiz kalırken, CMQL ve hibrit LN<sub>2</sub> + MQL sistemleri daha düşük takım aşınması ve daha iyi yüzey kalitesi sunmaktadır.

- CMQL uygulamaları, takım aşınmasını %50'ye kadar azaltmakta ve yüzey pürüzlülüğünü %42 oranında iyileştirmektedir.
- Yüksek kesme hızları, talaş segmentasyonunu azaltarak daha homojen yüzeyler oluşturmakta; PCD takımlar ile 0.18  $\mu\text{m}$ 'ye kadar düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilebilmektedir (Shetty, ve diğerleri, 2025).

Sonuç olarak, titanyum alaşımlarının dik işleme tezgâhlarında verimli ve kaliteli şekilde işlenebilmesi için; uygun takım seçimi, optimize edilmiş kesme parametreleri ve gelişmiş soğutma sistemlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bütüncül yaklaşım hem üretim verimliliğini artırmakta hem de hassas parça üretiminde istenen tolerans ve yüzey kalitesine ulaşılmasını mümkün kılmaktadır.

## 6.KAYNAKÇA

- Autodesk & Texas A&M University. (2012). *Fundamentals of CNC Machining*. Oxnard, CA: HSMWorks ApS.
- Chowdhury, M. S. (2016). *WEAR BEHAVIOUR OF COATED CARBIDE TOOLS DURING MACHINING*. Hamilton: McMaster University.
- Çakır, M. C. (2018). *Modern Talaşlı İmalatın Esasları* (3 b.). Ankara: Dora Yayıncılık.
- Demirpolat, H., Kuntoğlu, M., & Binali, R. (2023). A Review on Machinability in the Milling Processes. *Sustainable Production, Instrumentation and Engineering Sciences*, 1(1). doi:10.57223/spies.2023.1.1.05
- Geoscience Australia. (2025, Mayıs 14). *Australian Mineral Facts*. <https://www.ga.gov.au/education/minerals-energy/australian-mineral-facts/titanium> adresinden alındı
- Gupta, M. K., Niesłony, P., Korkmaz, M. E., Kuntoğlu, M., Królczyk, G. M., Günay, M., & Sarıkaya, M. (2023). Comparison of Tool Wear, Surface Morphology, Specific Cutting Energy and Cutting Temperature in Machining of Titanium Alloys Under Hybrid and Green Cooling Strategies. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 10, s. 1393–1406. doi:10.1007/s40684-023-00512-9
- Huahong, M., Wenchao, X., Lan, W., Ziyuan, Z., Zhibiao, T., & Zhibiao, L. (2025). Experimental Study and Modeling of Cutting Force in High-Speed Milling of Ti-6Al-4V Titanium Alloy. *Journal of Mechanics*, 41, s. 55-63. doi:10.1093/jom/ufaf006
- Iqbal, A., Zhao, G., Suhaimi, H., Nauman, M. M., He, N., Zaini, J., & Zhao, W. (2021). On Coolant Flow Rate-Cutting Speed Trade-Off for. *Materials*, 14(12). doi:10.3390/ma14123429
- Noor, N. D., & Hadi, M. A. (2023). Study of Tool Wear Progression Using Nano-Hybrid Cryogenic MQL in Milling Titanium Alloy. *Jurnal Tribologi*, 37, s. 76–83. doi:10.13140/RG.2.2.15944.49929
- Nouari, M., & Makich, H. (2014). On the Physics of Machining Titanium Alloys: Interactions. *Metals*(4), s. 335-358. doi:10.3390/met4030335

- Phokobye, S. N., Desai, D. A., Tlhabadira, I., Sadiku, E. R., & Mutombo, K. (2024). Comparative Investigation and Optimization of Cutting Tools performance During Milling Machining of Titanium Alloy (Ti6Al4V). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 131, s. 3565–3577.
- Pramanik, A., Islam, M. N., Basak, A., & Littlefair, G. (2013). Machining and Tool Wear Mechanisms during Machining Titanium Alloys. *Advanced Materials Research*, 651, s. 338-343.
- Shetty, R., Gracias, G. A., Hegde, A., Bagade, S. M., Supriya, J. P., & Raman, V. S. (2025). Titanium Alloy and Its Composites: Machinability Review. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. doi:10.1007/s13198-025-03001-1
- Takeda, O., Ouchi, T., & Okabe, T. H. (2020). Recent Progress in Titanium Extraction. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 51(4), s. 1315–1328. doi:10.1007/s11663-020-01898-6
- U.S. Geological Survey. (2013). *Titanium—Light, Strong, and White*. U.S. Department of the Interior.
- Wang, G., Chen, X., Xu, Z., Feng, F., Zhang, J., Zhang, X., & Feng, P. (2025). Advanced Precision Cutting Titanium Alloy Methods: A Critical. *Technologies*. doi:10.3390/technologies13050172
- Wu, G., Mao, X., Pan, W., Li, G., & Ding, S. (2023). The Machinability of Titanium Alloy Thin-Wall Parts in Cooling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 129, s. 2875–2895 . doi:10.1007/s00170-023-12465-z
- Yue, D., Zhang, A., Yue, C., Liu, X., Li, M., & Hu, D. (2021). Optimization Method of Tool Parameters and Cutting Parameters. *Materials*, 14(20). doi:10.3390/ma14206181
- Zhang, Z., Zhang, W., Zhang, X., Li, X., Ju, L., & Gu, T. (2024). Research on Tool Wear and Machining Characteristics of TC6 Titanium Alloy with Cryogenic Minimum Quantity Lubrication (CMQL) Technology. *Processes*, 12(8).

## İKİ KERE FARKLI ÖĞRENCİLER İÇİN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DÜŞÜNCE DENEYİ VE PARADOKS ÜRETİMİ İLE ELEŞTİREL DÜŞÜNME EĞİTİM

**Esra CANER**

Gazi Üniversitesi, Fizik Fakültesi, Keçiören, Ankara  
**ORCID ID:** 000- 0001-6598-4405

**Hümanur AY**

Çözüm Koleji Anadolu lisesi Keçiören Ankara  
**ORCID ID:** 0009-0001-9086-0607

**Yılmaz Yusuf İZGİ**

Çözüm Koleji Fen lisesi Keçiören Ankara  
**ORCID ID:** 0009-0005-4305-7984

**Osman DOĞAN**

Çözüm Koleji Fen lisesi Keçiören Ankara  
**ORCID ID:** 0009-0003-3120-1139

**Ramazan ÇATALKAYA**

Çözüm Koleji Anadolu lisesi Keçiören Ankara  
**ORCID ID:** 0009 0002 2499 4567

### ÖZET

İki kere farklı (2f) öğrenciler bir ya da birkaç alanda özel yeteneğe ve bir ya da birkaç alanda engel durumuna sahip öğrencilerdir. Öğretim ortamları tasarlanırken 2f öğrencilerin hem özel yeteneğini geliştirecek hem de özel gereksinimini karşılayacak içerik üretimi, materyal ve teknoloji kullanımına gidilmelidir. Düşünce deneyleri kurgusal bir senaryoda tarif edilen durumun gerçek olması halinde ne olacağına dair öğrencilere soru sorar. Öğrenciler de geçmiş bilgilerinden yola çıkarak kararlar yapılandırırlar. Paradoks ise bir durumun içerisinde tanımlanan ve mantıksal olarak birbiriyle çelişen olasılıklardır. Düşünce deneyleri ve paradokslar eğitimde kullanıldığında öğrencilerin karar verme ve muhakeme becerileri geliştirilerek onların eleştirel düşünmelerine katkı sunulur. Mevcut çalışmada 2f öğrenciler için yapay zekâ destekli düşünce deneyi ve paradoks üretimi ile sunulan öğretimle onların eleştirel düşünmelerine katkı sunmak amaçlanmıştır. Çalışma tek denekli araştırmadır. Çalışmanın uygulama süreci 2024-2025 öğretim yılında özel yeteneği, müzik yeteneği ve görme engeli olan bir 2f öğrenci ile Ankara’da akran öğretimi temelinde yürütülmüştür. Uygulama sürecinden önce bir yapay zekâ programı olan ChatGPT ile dört adet düşünce deneyi ve bir adet paradokstan oluşan bir içerik hazırlanmıştır. Uygulama sürecinde kabartmalı materyaller, Braille alfabesi uygulamalarına bir alternatif olarak mobil teknolojilerin öğretim uygulamalarında kullanımı süreci deneyimlenmiştir. 2f öğrenciye ve ailesine çalışmanın amacı ayrıntılı olarak anlatıldıktan sonra, 2f öğrenci gönüllülük esasında çalışmada yer almıştır. Uygulama sürecinde çalışmayı yürüten öğrencilerden biri, her bir düşünce deneyine ve paradoksa dair ses kayıtlarını mobil teknolojiler üzerinden 2f öğrenciye ulaştırmıştır. 2f öğrenci

de her bir düşünce deneyi ve paradoksa dair sonuç ve gerekçelerini ses kaydıyla mobil teknolojiler üzerinden ekranına ulaştırmıştır. Çalışmanın bilimsel etiği temelinde veri akışı öğretmen-veli, veli-öğretmen mobil cihazları arasında sağlanmıştır. Yani 2f öğrenci ve ekranı, güvenli internet kullanımı amacıyla öğretmen-veli üzerinden iletişim kurmuşlardır. Çalışmanın veri toplama araçları mobil sistemler üzerinden sağlanan ses kayıtlarıdır. Bilimsel etik adına bu ses kayıtları yazılı metine dönüştürüldükten sonra silinmiştir. Veriler betimsel analizle çözümlenmiştir. Literatürden Walton argüman modeline göre sonuç ve dayanak noktaları kod olarak alınmış, buna göre bir betimsel analiz yapılmıştır. Çalışma sonunda 2f öğrencinin her bir düşünce deneyi ve paradoksa dair başarıyla sonuç ve dayanak noktası yapılandırabildiği bulunmuştur, dolayısıyla eleştirel düşünmesine katkı sunulduğu söylenebilir. Burada vurgulanması gereken bir husus mobil teknolojilerin avantaj ve dezavantajlarından bahsetmek olacaktır. Avantaj durumu, bilgiye erişimin görme değil duyma duyusu üzerinden özel gereksinimi karşılayacak biçimde zamandan ve mekândan bağımsız olarak 2f öğrenciye sunulmuş olmasıdır. Dezavantaj durumu ise 2f öğrenci her bir sonucuna sadece bir dayanak noktası yapılandırabilmiştir, yüz yüze öğretim olsaydı belki dayanak noktası sayısının artırılması olası olacaktı.

**Anahtar Kelimeler:** İki kere farklı öğrenci, düşünce deneyi-paradoks, eleştirel düşünme, yapay zeka, mobil teknolojiler.

### **CRITICAL THINKING EDUCATION FOR TWICE-EXCEPTIONAL STUDENTS THROUGH AI-SUPPORTED THOUGHT EXPERIMENT AND PARADOX GENERATION**

#### **ABSTRACT**

Twice-exceptional (2e) students are those who possess special talent(s) in one or more areas and disability(ies) in one or more areas. When designing instructional environments, content production, material, and technology use should be arranged in a way that both enhances the 2e students' special talents and meets their special needs. Thought experiments ask students questions about what would happen if a situation described in a fictional scenario were real. Students construct decisions based on their prior knowledge. A paradox, on the other hand, refers to situations that contain logically contradictory possibilities within themselves. When thought experiments and paradoxes are used in education, they contribute to students' critical thinking by developing their decision-making and reasoning skills. The present study aimed to contribute to the critical thinking of 2e students through instruction supported by artificial intelligence-based thought experiment and paradox generation. The study was designed as a

single-subject research. The implementation process was carried out during the 2024–2025 academic year in Ankara, based on peer teaching, with a 2e student who has musical talent and visual impairment. Before the implementation process, an artificial intelligence program, ChatGPT, was used to prepare content consisting of four thought experiments and one paradox. During the implementation, the use of mobile technologies in instructional applications was experienced as an alternative to Braille alphabet applications and embossed materials. After the aim of the study was explained in detail to the 2e student and their family, the 2e student voluntarily participated in the study. During the implementation, one of the students conducting the study sent audio recordings of each thought experiment and paradox to the 2e student via mobile technologies. The 2e student, in return, sent their conclusions and justifications for each thought experiment and paradox as audio recordings to their peer through mobile technologies. In accordance with research ethics, data transmission was provided between teacher-parent and parent-teacher mobile devices. In other words, the 2e student and their peer communicated through the teacher-parent mediation to ensure safe internet use. The data collection tools of the study were the audio recordings obtained via mobile systems. In line with research ethics, these recordings were transcribed into written texts and then deleted. The data were analyzed through descriptive analysis. According to Walton's argument model from the literature, conclusions and grounds were taken as codes, and a descriptive analysis was conducted accordingly. The results of the study showed that the 2e student was able to successfully construct conclusions and grounds for each thought experiment and paradox, thus contributing to their critical thinking. One point that should be emphasized here is the advantages and disadvantages of mobile technologies. The advantage was that access to information was provided to the 2e student in a way that met their special needs, through the sense of hearing rather than sight, independent of time and place. The disadvantage, however, was that the 2e student was able to construct only one ground for each conclusion; if face-to-face instruction had been implemented, it might have been possible to increase the number of grounds.

**Keywords:** Twice-exceptional student, thought experiment-paradox, critical thinking, artificial intelligence, mobile technologies.

## KONSOL TİPİ ROTOR-RULMAN SİSTEMİNİN ROTOR DİNAMİK ANALİZİ

**Kayhan KURUL**

Istanbul Technical University, Graduate School, Department of Mechanical Engineering, 34437  
Beyoğlu, İstanbul

**Doç.Dr. Osman Taha ŞEN**

Istanbul Technical University, Graduate School, Department of Mechanical Engineering, 34437  
Beyoğlu, İstanbul

### ÖZET

Dönen makinalar günlük yaşamda yaygın olarak kullanılmakta olup modern mühendislikte kritik bir rol oynamaktadır. Konsol konfigürasyona sahip döner makinalar geniş bir sınıfı temsil etmektedir. Bu yapı, rüzgar türbinleri, uçak motoru fanları ve çeşitli döner makinalar gibi birçok mühendislik uygulamasında önemli bir role sahiptir. Konsol tip konfigürasyon, yatak düzlemlerinin dışında konumlandırılmış ağır bir rotorun şafta monte edilmesi şeklinde tanımlanır. Şaft, rijit veya esnek kaplinler aracılığıyla tahrik eden güç kaynağına mekanik olarak bağlanır. Bu konfigürasyon genellikle iki yataktan oluşur. Eksenden kaçık şaft ve disk jiroskopik etkileri nedeniyle bu sistemler tasarım aşamasında dikkatle analiz edilmesi gereken karmaşık dinamik davranışlar sergiler. Ancak, geleneksel yüksek doğruluklu simülasyonlar ve deneysel yöntemler genellikle yüksek hesaplama maliyeti ve zaman gereksinimi doğurduğundan, hızlı konsept tasarım iterasyonları için pratik değildir.

Bu çalışmanın amacı, konsol tip rotor-rulman konfigürasyonlarında parametre değişimlerini hızlıca simüle edebilen ve bu değişimlerin kritik dinamik yanıtlar üzerindeki etkilerini değerlendirebilen MATLAB tabanlı bir rotor dinamik model geliştirmektir. Model sonuçları, endüstride kullanılan ticari rotor dinamik yazılım ile karşılaştırılmıştır. Geliştirilen model, esnek şaft-rijit disk sistemleri gibi eksenel simetriye sahip geometrilere uygulanabilir olup izotropik yataklar tarafından desteklenmiştir ve bu nedenle sabit referans çerçevesinde modellenmiştir. Döner yapıların ayrıklaştırılmasında kiriş elemanları kullanılmış ve sonlu kiriş elemanları için Timoshenko kiriş teorisinden yararlanılmıştır. Model, düğüm noktaları, şaftlar, yataklar ve diskler gibi temel tanımlamalar kullanılarak oluşturulmuştur. Esnek şaftın modellenmesinde 8 serbestlik dereceli Timoshenko kiriş elemanları kullanılmıştır. Çalışmada yalnızca şaftın yanal titreşimleri incelenmiş, eksenel ve burulma serbestlik dereceleri dahil edilmemiştir. Kiriş elemanlarının kütle, rijitlik ve jiroskopik matrisleri sabit referans çerçevesinde Lagrange'ın potansiyel ve kinetik enerji ifadeleriyle elde edilmiştir. Dönen rijit diske ait Lagrange'ın kinetik enerji ifadelerinden türetilen jiroskopik matris kullanılmıştır. Kütle matrisi ise kütle, kütle atalet momenti ve kutupsal atalet momenti gibi geometrik

özellikler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Önerilen model, yatak konumlarındaki eksenel kaymalar, disk kalınlığındaki değişimler veya disk boyutlarındaki farklılıklar gibi konsol tip konfigürasyon elemanlarına ait parametre değişimlerinin doğal frekanslar, mod şekilleri ve yatak tepkileri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Ayrıca model, farklı dönüş hızlarında yatak reaksiyon kuvvetlerini tahmin ederek doğru yatak boyutlandırma ve seçimine katkı sağlamaktadır. Özellikle turbofan motorlarının konsept tasarım aşamasında yatak boyutlandırma ve seçimi; taşıyıcı yapılar, disk gövdesi, miller ve sızdırmazlık elemanları gibi birçok ara yüzü etkilediğinden kritik öneme sahiptir.

Rulman ile disk eksenel mesafesinin azalması sistemin kritik hızlarını arttırırken, belli bir mesafeden sonra rulman yükünü de arttırmaktadır. Bu sonuç ise konsol rotor-rulman konfigürasyonunda rulman konumunun önemini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Konsol Tipi, Rotor, Rulman, Rotordinamiği, Timošhenko Kiriş

## **ROTOR DYNAMICS ANALYSIS OF OVERHUNG ROTOR-BEARING CONFIGURATION**

### **ABSTRACT**

Rotating machinery is extensively use in everyday life and plays a crucial role in modern engineering. Broad class of rotating machines with overhung-configuration. It plays a critical role in many engineering applications such as wind turbines, aircraft engines fan, and various rotating machinery. Overhung-configuration in the form of a shaft with a heavy rotor mounted outside bearing planes. The shaft mechanically connects to its driven energy power via rigid or flexible couplings. The configuration generally consists of two bearings. Due eccentric shaft and disc gyroscopic effects, these configuration exhibit complex dynamic behaviors that require careful analysis during the design phase. However, conventional high-fidelity simulations and experimental methods are often computationally expensive and time-consuming, which makes them impractical for rapid concept design iterations.

The objective of this paper is to develop a MATLAB-based rotor dynamic model capable of rapidly simulating parameter variations in overhung rotor-bearing configuration and evaluating their influence on critical dynamic responses. The model results compared with commercial rotor dynamic software used in the industry. The developed rotor dynamic model applicable to axi-symmetric geometry such as flexible shaft rigid disc system and supported by isotropic bearings thus modeled in stationary reference frame. Beam element is utilized for rotating bodies discretization. Timoshenko beam theory is used for finite beam elements. The model defined using key definitions such as nodes, shafts, bearings and disks. 8 DOF Timoshenko beam elements are used for modeling of flexible shaft. Only lateral vibrations of the shaft

studied so axial and torsional DOFs are not included. The beam element mass, stiffness and gyroscopic matrices obtained in stationary reference frame by Lagrange's potential and kinetic energy expressions. The gyroscopic matrix of the rotating rigid disc is obtained from Lagrange's kinetic energy expressions, while the mass matrix is constructed considering geometrical properties such as the mass, the mass moment of inertia, and the polar moment of inertia.

The proposed model used to evaluate the effects of changes in parameters of overhung configuration elements—such as axial position shifts in bearing positions, variations in disc thickness, or changes in disc dimensions—on natural frequencies, mode shapes, and responses on the bearings. Furthermore, the model provides estimates of bearing reaction forces under different rotation speeds, which is crucial for proper bearing sizing and selection. During concept design phase of turbofan engine, bearing sizing and selection is important since it can affect many interfaces such as support structures, disc bore, shafts and seals etc.

Decreasing the axial distance between the bearing and the disc increases the critical speeds of the system and also increases the dynamic load on the bearing after a certain distance. This result demonstrates the importance of bearing location in the overhung rotor-bearing configuration.

**Keywords:** Overhung configuration, rotor, bearing, rotor dynamics, Timoshenko beam

## 1. INTRODUCTION

Rotating machinery is extensively use in everyday life and plays a crucial role in modern engineering. Since the industrial revolution, the demand for high power output and high efficiency has been one of the main goals of technological development. Examples of such equipment include steam turbines, electric generators, compressors, pumps, aircraft engines, wind turbines and so on. All those equipment have in common: rotating machinery.

Rotating machinery consist three primary elements as follows; the rotor, the bearings and supporting structure. To operate rotating machinery safely and long-life of primary elements, vibration levels does not exceed acceptable limits. The fundamental engineering challenge in the design of rotating machinery lies in achieving higher efficiency and power density through advances such as optimized aerodynamic and hydrodynamic flows, improved blade design, higher rotational speeds, and larger rotor sizes—while simultaneously addressing potential problems such as shaft whirling, excessive vibration, and rotor dynamics instabilities.

Rotor dynamics has evolved subject area as reliable operation become key for wide range of applications of machinery. Before the twentieth century, rotating shafts and bearings were not

considered to interact with one another; but they rarely considered to interact in any system-like manner. In the early years of the twentieth century, however, machine design developed to a stage where plant was required to operate at high speed and, in many cases above one or more critical speeds.(Goodwin J.M.,1989).

For the first published assessment for rotordynamics of machinery in 1869 by Rankine. (Rankine, W.M. 1869). Rankine explain “whirling speed” behavior of rotor-bearing systems, incorrectly predicted that rotating machines cannot exceed their whirling speed due to unstable operation. Rankine defines whirling term to rotor dynamics literature. In 1883, Laval developed steam turbine succeeded at operating it 42000 rpm. He showed that it was possible to operate above critical speed. (Smil,V. 2005). In 1895, Dunkerley explains critical speed term by explaining the phenomena when shaft driven at a particular speed, bends and might even break unless the amount of deflection be limited. He also explain that after critical speed shaft can run true. There were confusion among engineers about Rankine’s whirling speed with Dunkerley’s critical speed. In 1916, a paper published with experimental evidence that second critical speed existed and it showed that a second critical speed could only possible if shaft passes safely from first critical speed. (Kerr, W., 1916) Henry H. Jeffcott commissioned by The Royal Society of London to resolve this conflict between Rankine’s theory and the practice of Kerr and Laval. (Nelson, H.D. 2003) Fundamental theory of lateral vibrations of rotating machines formulated by Jefcott.(Jefcott, H.H. 1919) He showed that the shaft has its own centerline, it did not rotate its rest centerline position. Today, a rotor model consisting of rigid disks on a compact, flexible shaft is called a “Jeffcott Rotor”. In Jeffcott’s rotor, the disk did not have any moment (yawing or rolling.) Thus, the angular velocity vector due to spin of the disk and the angular momentum vector were concentric and no gyroscopic moment were generated. Stodola did consider gyroscopic moment effect in his model by Coriolis accelerations. (Stodola, A. 1924)

Aircraft gas turbines rotors were not suitable for a Jeffcott model due to gyroscopic effects of shaft and disc. At that time, the need for more accurate model is obvious. The more accurate modeling technique supplied by Melvin Prohl in late 1930s and published in 1945 for turbine shaft. (Prohl, M.A., 1945) This method led to a broader method, now called the Transfer Matrix Method(TMM). It is still used by industrial rotordynamic analyses. In the 1970s, Another representative algorithm is become available the finite element method.(FEM). It gathered momentum through work of Argyris (1913-2004). Clough first time called term “finite elements” for the Argyris method in 1960s. (Clough, R.W. 1960) The first application of the method to a rotor system was made by Ruhl and Booker (1972.) In the 1976, a special work

published by Nelson and McVaugh which implemented FEM to analyse rotating systems. They developed a flexible shaft by taken into account the rotary inertia, gyroscopic moment and axial forces. Beam models are very important in the history of rotordynamics since all rotors were modeled as beams. Namely, The Rayleigh beam theory widen Euler-Bernoulli theory by including the effect of rotation of the cross-section. (Rayleigh, J.W.S. 1877) Another theory is developed by Timoshenko where shear or rotary effects included. (Timoshenko, S.P. 1921,1922) This beam model used in many rotordynamic computer model. (W. J. Chen & E. J. Gunter. 2005)

There are many rotordynamic computer codes used in the industry.(Crandall, S.H. 1992) Apart from these, many specialized software applications has been developed by research groups in Universities or in the companies to reduce cost of engineering work.

In this study, in-house rotordynamic model developed via MATLAB for overhung rotor-bearing configuration. Natural frequencies of the system, mode shapes and bearing responses will be compared with rotor dynamic computer tool with same inputs. Then the proposed model used to evaluate the effects of changes in parameters of overhung configuration elements—such as axial position shifts in bearing positions, variations in disc thickness, or changes in disc dimensions—on natural frequencies, mode shapes, and responses on the bearings.

## **2. THEORY&MODELLING OF THE SYSTEM**

There are different approaches to analysis of rotating systems. Simple rotors that means can be modelled with a small number of degrees of freedom analysis always starts from derivation of the equation of motions. Simple rotor modelling either a rigid rotor on flexible bearings and foundations or as a flexible rotor on rigid supports. For simple rotors, it is straightforward to find natural frequencies of the system by finding roots of the characteristic equation. As the system becomes more complicated, there are different methods to analyze dynamics of rotor systems such as Method of Transfer matrix method, method of influence coefficients, mechanical impedance methods, dynamic stiffness matrix method and finite element formulation. (Goodwin M.J. 1989) In this study, the FEM utilized to model and analyze rotor dynamic behaviour of selected system. The normal approach is to discretize the system so that an approximate model can be created with a finite number of coordinates. The model developed based on system shown in figure 1.

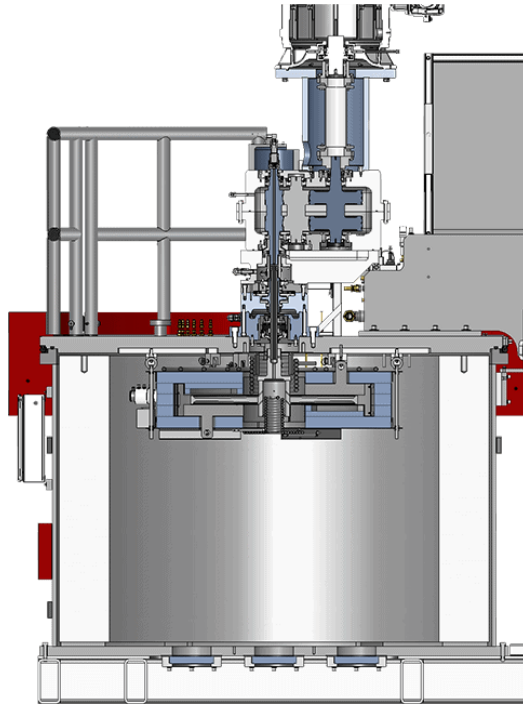


**Figure 1.** Test System (Barbour Stockwell)

## 2.1. Theory&Modelling of The System

Any application of FEM to a structure first requires break down the structure conceptually into relatively simple elements. These elements represent the mathematic expressions and its assembled to obtain a set of equations to model the system. In the model shown in figure 2, the rotor is divided into 11 number of shaft elements each shaft elements has two nodes. The model defined using key definitions such as nodes, shafts, bearings and disks. Disc 1, disc 2, bearing 1 and bearing 2 are assumed to be attach to the shaft at these nodes.

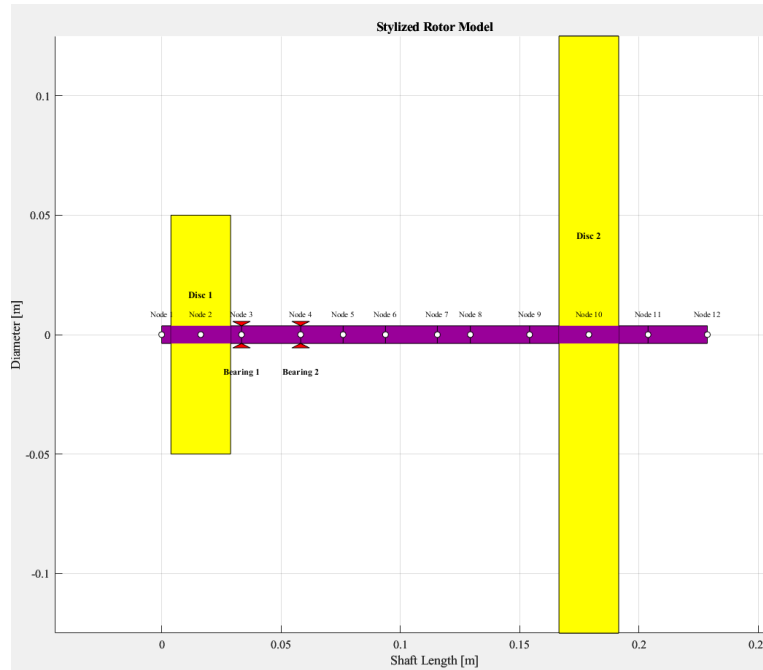


**Figure 2.** Schematics of rotor-bearing model

Derivation of the governing matrices for FEM approach to rotordynamics analysis requires stationary or rotating reference frames. It is sometimes explained as an observer stay stationary while system is rotating for stationary reference frame, on the other hand an observer rotates with the rotating system. The analysed system consists of a long shaft, contains heavy disc far away, small disc close to the bearings and supported by two bearings.

### 2.1.1 Timoshenko beam element

The system modelled under assumptions flexible shaft-rigid disc modelling and supported by isotropic bearings so stationary reference frame taken into account. Beam element is utilized for rotating bodies discretization. There four different beam theories as follows; Euler-Bernoulli, Rayleigh, Shear and Timoshenko. Timoshenko theory adds the effect of shear as well as the effect of rotation to the Euler-Bernoulli beam. The Timoshenko model is a major improvement for non-slender beams and for high-frequency responses where shear or rotary effects are not negligible. (Han, S.M., Benaroya, H. and Wei, T. 1999) The analysed system requires incorporation of rotary inertia and shear deformation, therefore Timoshenko beam theory is used for finite beam elements. The element geometrical definitions and reference frame shown in figure 3.

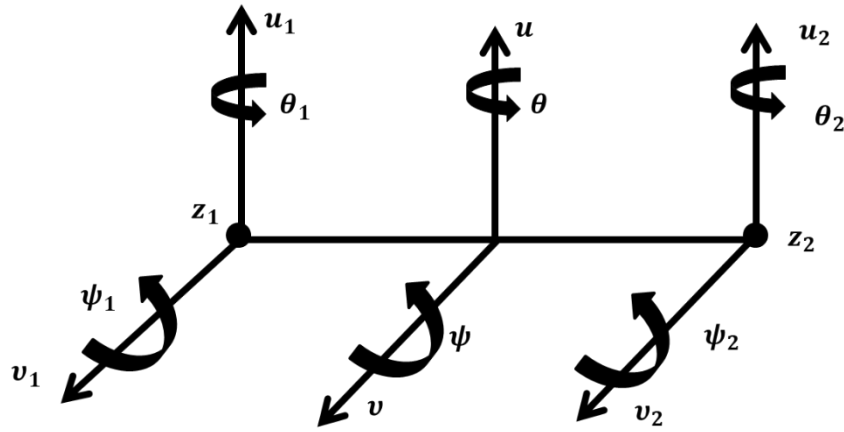


**Figure 0.3** Beam Element

It is only considered lateral vibrations, thus each node has four generalized coordinates; transverse displacements in the x and y directions and rotations about x- and y- axes. So axial and torsional DOFs are not included. Total degrees of freedom of the element is 8. The rotations  $\theta$  and  $\psi$  are assumed as small angle deformations. The deformation within actual element approximated by linear combinations of known functions, called “shape functions” The coefficients in these linear combinations are simply nodal displacements. (Friswell, M. I., Penny, J. E., Garvey, S. D., & Lees, A. W. 2010). The vector of the nodal displacements

$$q = [u_1, v_1, \theta_1, \psi_1, u_2, v_2, \theta_2, \psi_2] \quad (2.1)$$

For the sake of simplicity complete derivation of the shape functions for Timoshenko beam are not included but it can be found in many textbooks. (Genta, G. 2005), (Friswell, M. I., Penny, J. E., Garvey, S. D., & Lees, A. W. 2010).

$$\begin{aligned} N_{11} &= \frac{1+\Phi(1-\xi)-3\xi^2+2\xi^3}{1+\Phi} & N_{12} &= l\xi \frac{1+\frac{1}{2}\Phi(1-\xi)-2\xi+\xi^2}{1+\Phi} \\ N_{13} &= \xi \frac{\Phi+3\xi-2\xi^2}{1+\Phi} & N_{14} &= l\xi \frac{-\frac{1}{2}\Phi(1-\xi)-\xi+\xi^2}{1+\Phi} \\ N_{21} &= 6\xi \frac{\xi-1}{l(1+\Phi)} & N_{22} &= \frac{1+\Phi(1-\xi)-4\xi+3\xi^2}{1+\Phi} \\ N_{23} &= -6\xi \frac{\xi-1}{l(1+\Phi)} & N_{24} &= \frac{\Phi\xi-2\xi+3\xi^2}{1+\Phi} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Where  $\xi = z/l$  is a non dimensional coordinate, and the transverse shear effect (Nelson, H.D. 1980)

$$\Phi = \frac{12EI_d}{\kappa GA l^2} \quad (2.3)$$

where  $E$ ,  $I_d$ ,  $G$ ,  $A$ ,  $\kappa$  and  $l$  are the Young's modulus of the material, diameter moment of inertia, shear modulus of the material, area of the cross section, shear factor and the length of the element, respectively. Deformation of the element can be found by matrix multiplication of shape functions and nodal displacements by following equations (L.-W. Chen, D.-M. Ku, 1990)

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = [N_t] \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_1 \\ \psi_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_2 \\ \psi_2 \end{Bmatrix} \quad (2.4)$$

$$\begin{Bmatrix} \theta \\ \psi \end{Bmatrix} = [N_r] \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_1 \\ \psi_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_2 \\ \psi_2 \end{Bmatrix} \quad (2.5)$$

Where detailed forms of the shape functions and the translational and rotational shape function matrices in equations (2.4) and (2.5)  $[N_t] =$

$$\begin{bmatrix} N_{11} & 0 & 0 & N_{12} & N_{13} & 0 & 0 & N_{14} \\ 0 & N_{11} & -N_{12} & 0 & 0 & N_{13} & -N_{14} & 0 \end{bmatrix} \text{ and}$$

$$[N_r] = \begin{bmatrix} N_\theta \\ N_\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -N_{21} & N_{22} & 0 & 0 & -N_{23} & N_{24} & 0 \\ N_{21} & 0 & 0 & N_{22} & N_{23} & 0 & 0 & N_{24} \end{bmatrix}.$$

### 2.1.2 Flexible Shaft Modelling

The beam element mass, stiffness and gyroscopic matrices obtained in stationary reference frame by Lagrange's potential and kinetic energy expressions. The potential energy of the element of length  $l$ , including the contributions of elastic bending and shear energy (L.-W. Chen, D.-M. Ku, 1990)

$$U = \frac{1}{2} \int_0^l EI [(u'')^2 + (v'')^2] dz + \frac{1}{2} \int_0^l \kappa GA [(u')^2 + (v')^2] dz \quad (2.6)$$

Where the symbol ' implies differentiation with respect to axial distance  $z$ .

Under the assumption of a constant rotating speed  $\Omega$ , the kinetic energy  $T$  of the element both translational and rotational form is given by

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l \rho A [(\dot{u})^2 + (\dot{v})^2] dz + \frac{1}{2} \int_0^l I_d [(\dot{\theta})^2 + (\dot{\psi})^2] dz - \Omega \int_0^l I_p \psi \theta dz \quad (2.7)$$

Where the symbol  $\dot{\phantom{x}}$  implies differentiation with respect to time,  $\rho$  is the density of the shaft material,  $I_p$  polar mass moment of inertia per unit length.  $I_p = 2I_d$ ,  
Substituting equation (2.4) into equation (2.5) and eq.(2.6) respectively, U and T can be rewritten in terms of the nodal displacement vectors as, respectively

$$U = \frac{1}{2}\{q\}^T[K_b]\{q\} + \frac{1}{2}\{q\}^T[K_s]\{q\} \quad (2.8)$$

$$T = \frac{1}{2}\{\dot{q}\}^T[M_t]\{\dot{q}\} + \frac{1}{2}\{\dot{q}\}^T[M_r]\{\dot{q}\} - \frac{1}{2}\Omega\{\dot{q}\}^T[G]\{\dot{q}\} \quad (2.9)$$

Where  $K_b$ ,  $K_s$ ,  $M_t$ ,  $M_r$  and  $G_s$  bending stiffness, shear stiffness, translational mass rotatory inertia and shaft gyroscopic matrix, respectively. Equation (2.7) and eq. (2.8) coupled with equation (2.5) and eq. (2.6) to obtain stiffness matrices and mass matrices as in (L.-W. Chen, D.-M. Ku, 1990)

$$[K_b] = \int_0^l [N_t'']^T EI [N_t''] dz \quad (2.10)$$

$$[K_s] = \int_0^l [N_t'']^T KGA [N_t''] dz \quad (2.11)$$

$$[M_t] = \int_0^l [N_t]^T \rho A [N_t] dz \quad (2.12)$$

$$[M_r] = \int_0^l [N_r]^T I_d [N_r] dz \quad (2.13)$$

$$[G_s] = ([N] - [N]^T) \quad (2.14)$$

Where

$$[N] = \int_0^l \frac{I_d}{I} [N_\psi]^T [N_\theta] dz \quad (2.15)$$

By solving equation (2.10), (2.11), (2.12), (2.13), (2.14) and (2.15) resulting structural stiffness matrix;  $[K_0] = [K_b] + \Phi[K_s]$ , global mass matrix  $[M] = [M_t] + [M_r]$  and  $[G_s]$  is obtained respectively as in (Tiwari, R. 2017).

$$[K_0] = \frac{EI_d}{l^3(1+\Phi)} \begin{bmatrix} 12 & & & & & & & \\ 0 & 12 & & & & & & \\ 0 & -6l & (4+\Phi)l^2 & & & & & \\ 6l & 0 & 0 & (4+\Phi)l^2 & & & & \\ -12 & 0 & 0 & -6l & 12 & & & \\ 0 & -12 & 6l & 0 & 0 & 12 & & \\ 0 & -6l & (2-\Phi)l^2 & 0 & 0 & 6l & (4+\Phi)l^2 & \\ 6l & 0 & 0 & (2-\Phi)l^2 & -6l & 0 & 0 & (4+\Phi)l^2 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

$$[M_t] = \frac{\rho A l}{420(1+\Phi)^2} \begin{bmatrix} m_1 & & & & & & & \\ 0 & m_1 & & & & & & \\ 0 & -lm_2 & l^2m_5 & & & & & \\ lm_2 & 0 & 0 & l^2m_5 & & & & \\ m_3 & 0 & 0 & lm_4 & m_1 & & & \\ 0 & m_3 & -lm_4 & 0 & 0 & m_1 & & \\ 0 & lm_4 & -l^2m_6 & 0 & 0 & lm_2 & l^2m_5 & \\ -lm_4 & 0 & 0 & -l^2m_6 & -lm_2 & 0 & 0 & l^2m_5 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

$$[M_r] = \frac{\rho I_d}{30l(1+\Phi)^2} \begin{bmatrix} m_7 & & & & & & & \\ 0 & m_7 & & & & & & \\ 0 & lm_8 & l^2m_9 & & & & & \\ lm_8 & 0 & 0 & l^2m_9 & & & & \\ -m_7 & 0 & 0 & lm_8 & m_7 & & & \\ 0 & -m_7 & -lm_8 & 0 & 0 & m_7 & & \\ 0 & lm_8 & -l^2m_{10} & 0 & 0 & lm_8 & l^2m_9 & \\ -lm_8 & 0 & 0 & -l^2m_{10} & -lm_8 & 0 & 0 & l^2m_9 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

$$[G_s] = \frac{\rho I_d}{15l(1+\Phi)^2} \begin{bmatrix} 0 & & & & & & & \\ -m_7 & 0 & & & & & & \\ lm_8 & 0 & 0 & & & & & \\ 0 & lm_8 & -l^2m_9 & 0 & & & & \\ 0 & -m_7 & lm_8 & 0 & 0 & & & \\ m_7 & 0 & 0 & lm_8 & -m_7 & 0 & & \\ lm_8 & 0 & 0 & -l^2m_{10} & -lm_8 & 0 & 0 & \\ 0 & m_8 & l^2m_{10} & 0 & 0 & -lm_8 & l^2m_9 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

Where,

$$\begin{aligned} m_1 &= 156 + 294\Phi + 140\Phi^2 & m_2 &= 22 + 38.5\Phi + 17.5\Phi^2 \\ m_3 &= 54 + 126\Phi + 70\Phi^2 & m_4 &= 13 + 31.5\Phi + 17.5\Phi^2 \\ m_5 &= 4 + 7\Phi + 3.5\Phi^2 & m_6 &= 3 + 7\Phi + 3.5\Phi^2 \\ m_7 &= 36 & m_8 &= 3 - 15\Phi \\ m_9 &= 4 + 5\Phi + 10\Phi^2 & m_{10} &= 1 + 5\Phi - 5\Phi^2 \end{aligned} \quad (2.20)$$

In this section, mass, stiffness and gyroscopic matrices for a Timoshenko beam element have been obtained.

### 2.1.3 Rigid Disc Modelling

The gyroscopic matrix of the rotating rigid disc is obtained from Lagrange's kinetic energy expressions, while the mass matrix is constructed considering geometrical properties such as the mass, the mass moment of inertia, and the polar moment of inertia. Since the disk is assumed as rigid, the strain energy ignored and only kinetic energy included.

Gyroscopic moments acting on a rotating rigid disc will be included, so the kinetic energy,  $T_d$ , of the disc should be obtained. A rigid disc, having diametral mass moment of inertia  $J_d$ , polar mass moment of inertia  $J_p$ , mass  $md$  and rotating with the speed of  $\Omega$  has a kinetic energy as obtained in (Friswell, M. I., Penny, J. E., Garvey, S. D., & Lees, A. W. 2010).

$$T_d = \frac{1}{2}m_d(\dot{u}^2 + \dot{v}^2) + \frac{1}{2}J_d(\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2) + \frac{1}{2}J_p(\Omega^2 - 2\Omega\dot{\psi}\theta) \quad (2.21)$$

The element matrices are obtained by applying Langrange's equation to (5.21) thus element mass matrix for the disk and gyroscopic matrix for the disk, respectively

$$[M_d] = \begin{bmatrix} m_d & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & J_d \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$[G_d] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & J_p \\ 0 & 0 & -J_p & 0 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

In this section, mass, gyroscopic matrices for a rigid disc element have been obtained to implement global mass and gyroscopic matrices of the whole model.

#### 2.1.4 Bearing Modelling

Since model interested in small dynamic displacements the bearing assumed as linear load-deflection relationship. Thus, the forces acting on the shaft due to bearing existences and resultant velocities and displacements of the shaft can be approximated by (Friswell, M. I., Penny, J. E., Garvey, S. D., & Lees, A. W. 2010)

$$\begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} k_{uu} & k_{uv} \\ k_{vu} & k_{vv} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} c_{uu} & c_{uv} \\ c_{vu} & c_{vv} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \end{Bmatrix} \quad (2.24)$$

Where  $f_x$  and  $f_y$  are the dynamic forces in the x and y directions,  $u$  and  $v$  are the dynamics displacements of the shaft journal relative to the bearing housing in the x and y directions. Bearing stiffness and damping taken into account to assembly of the full equations of motion as follows

$$[K_{be}] = \begin{bmatrix} k_{uu} & k_{uv} \\ k_{vu} & k_{vv} \end{bmatrix}, \quad (2.26)$$

$$[C_{be}] = \begin{bmatrix} c_{uu} & c_{uv} \\ c_{vu} & c_{vv} \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

#### 2.1.5 System Equations of Motion

The assembled system equation of motion for an n degree of freedom becomes

$$M\ddot{q} + C\dot{q} + \Omega G\dot{q} + Kq = 0 \quad (2.28)$$

Where global mass matrix  $[M]=[M_t] + [M_r]$  (equation (2.17) and (2.18)),  $C$  global damping matrix equal  $[C] = [C_{be}]$  internal damping matrix not included(equation (2.27)), gyroscopic matrix  $[G]=[G_s] + [G_d]$  (equation (2.19) and (2.23)) and global stiffness matrix  $[K]=[K_0] + [K_{be}]$  (equation (2.16) and (2.26)).

Critical speeds computed with undamped system which damping neglected in equation (2.28), by assuming solution type  $q = q_0 e^{i\Omega t}$  by implying the assumption into equation (2.28) homogeneous equation obtained :

$$(-\Omega^2(M - G) + K)q_0 = 0 \quad (2.29)$$

Thus, critical speeds can be computed by solving the eigenproblem

$$\det(-\Omega^2(M - G) + K) = 0 \quad (2.30)$$

### 3. OVERHUNG CONFIGURATION MODELLING, ANALYSIS AND RESULTS

Flexible shaft – rigid disc model used to investigate the dynamic behavior of the system shown in figure 2. The results are to be compared with rotor dynamic program named “Dyrobres”. Material and geometric properties of this system are given in Table 1.

| Component      | Property                                | Value        | Unit     |
|----------------|-----------------------------------------|--------------|----------|
| Shaft          | Young's Modulus                         | 200000000000 | Pa       |
|                | Shear Modulus                           | 76904000000  | Pa       |
|                | Density                                 | 7833.4       | $kg/m^3$ |
|                | Poisson Ratio                           | 0.3          | -        |
|                | Diameter                                | 0.0079375    | m        |
|                | Length                                  | 0.2286       | m        |
|                | Damping Factor                          | 0            | -        |
| First Disc     | Diameter                                | 0.100        | m        |
|                | Thickness                               | 0.025        | m        |
|                | Density                                 | 7810         | $kg/m^3$ |
| Second Disc    | Diameter                                | 0.250        | m        |
|                | Thickness                               | 0.025        | m        |
|                | Density                                 | 7810         | $kg/m^3$ |
| First Bearing  | Stiffness(x,y)                          | 112984830    | N/m      |
|                | Axial center distance from shaft origin | 0.0339       | m        |
| Second Bearing | Stiffness(x,y)                          | 112984830    | N/m      |
|                | Center axial location from shaft origin | 0.05869      | m        |

**Table. 1** System Properties

The natural frequencies and critical speeds for the system with developed model and DYROBES has been established in table 2. Note that only the shaft bending modes and forward whirl directions taken into account.

| Mode | Rotational Speed (RPM) |                 |               |                 | Max.<br>Error(%) |
|------|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------|
|      | 0                      |                 | 20000         |                 |                  |
|      | Model<br>(Hz)          | DYROBES<br>(Hz) | Model<br>(Hz) | DYROBES<br>(Hz) |                  |
| 1    | 9.36                   | 9.36            | 15.23         | 15.23           | 0                |
| 2    | 35.67                  | 35.67           | 562.99        | 562.24          | 0.13             |
| 3    | 169.42                 | 169.26          | 2121.98       | 2121.73         | 0.09             |
| 4    | 715.33                 | 713.45          | 2263.93       | 2263.64         | 0.26             |
| 5    | 2116.50                | 2116.25         | 5813.13       | 5812.47         | 0.01             |
| 6    | 2248.70                | 2248.43         | 11243.34      | 11242.15        | 0.01             |

**Table. 2** Comparison of the model and DYROBES results

From table 2, maximum percentage error for critical speed difference between model and DYROBES is %0.26. Another comparison made between two based on the dynamics of the system by constructing of Campbell Diagram which rotational speed start from 0 to 20000 solved at each 1000 rpm. The comparison of Campbell diagrams shown in figure 4. It includes forward and backward whirl frequencies. There is just one difference for plotting of graphs on the Y-axis which the model shows as frequencies (Hz) on the other hand DYROBES shows as rotational speed. (rpm)

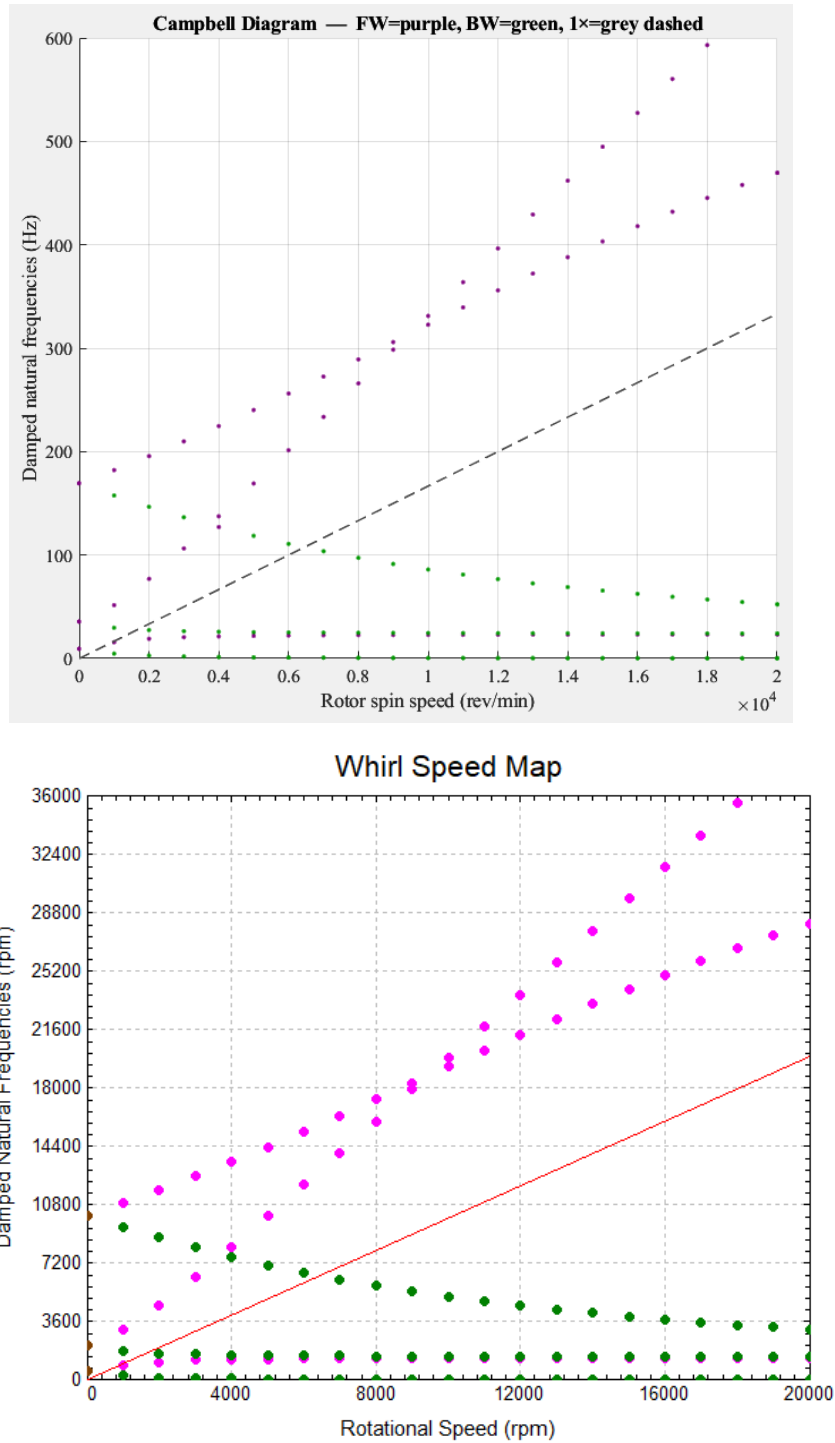


**Figure 4.** Campbell Diagram Comparison

Last comparison made between the model and DYROBES outputs about first six mode shapes shown in figure 5. Shaft, bearings, discs, nodes and mode shapes schematize with blue line, springs, solid line connected with circle, vertical lines and purple curve, respectively.

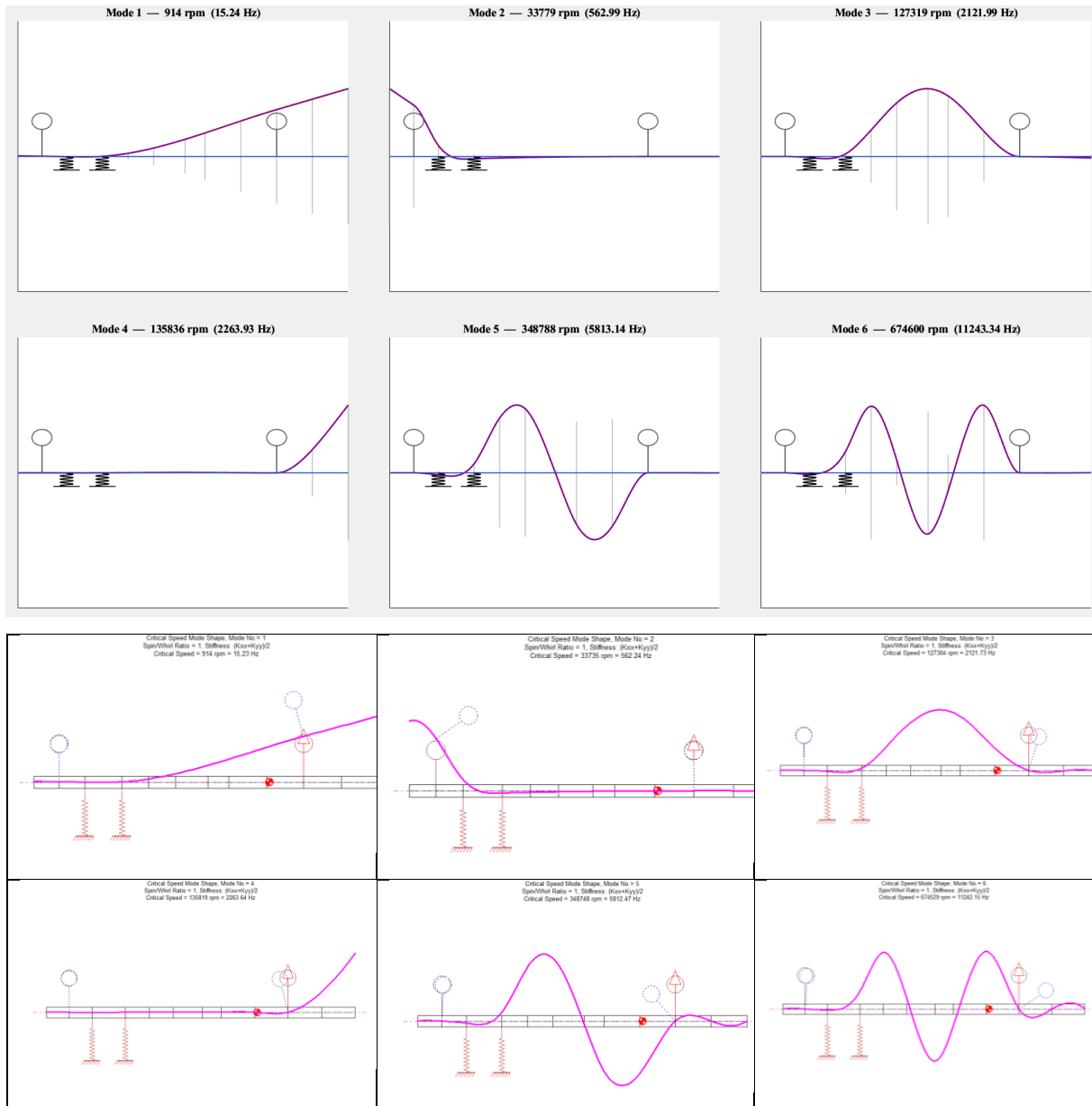


**Figure 5.** Mode shapes comparison

For the given geometry and system parameters, natural frequencies, critical speeds, Campbell diagram and mode shapes compared with DYROBES. Results of the model is almost same with DYROBES results. Therefore, in the upcoming chapter design iteration will be performed on the model only.

The critical speed mode shapes of an overhung machine are different other configurations. The first and second modes are pivotal. The first single overhung mode will always have the maximum amplitude at the second disc and the second will have maximum amplitude at first disc. It is not common to encounter critical speeds above the second critical speed as the frequencies get to be very high as seen in figure 5 (Leader, M. 2004).

#### 4. EFFECT OF BEARING LOCATION

The main purpose of developing such an in-house model is evaluate to bearing axial location change and its response in terms of dynamic force. When 0.001 kg.m unbalance defined on second disc where it is located on node 10 in figure 2, unbalance force response on bearings shown in figure 6. Node 3 and 4 corresponds to first and second bearing, respectively.

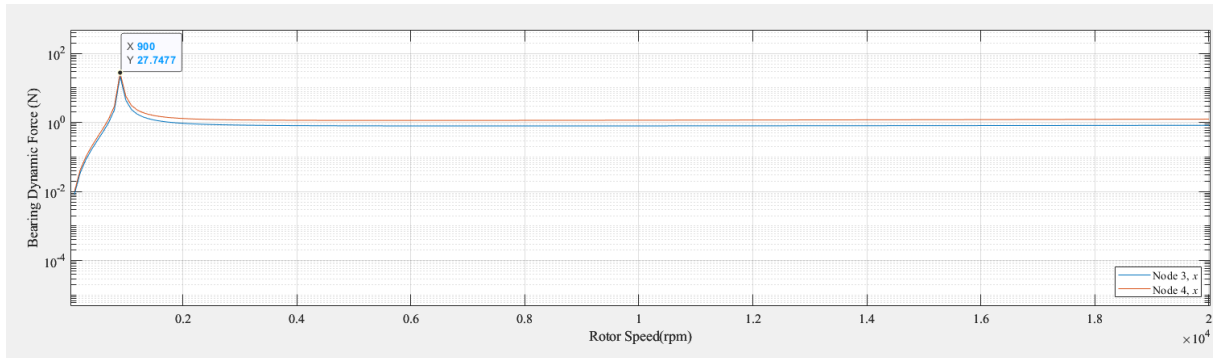


**Figure 6.** Bearing Dynamic Force vs Rotor Speed(rpm)

When second bearing moved to next node (5<sup>th</sup>), its axial position shift around 17.78 mm. The change in the system shown in figure 7.

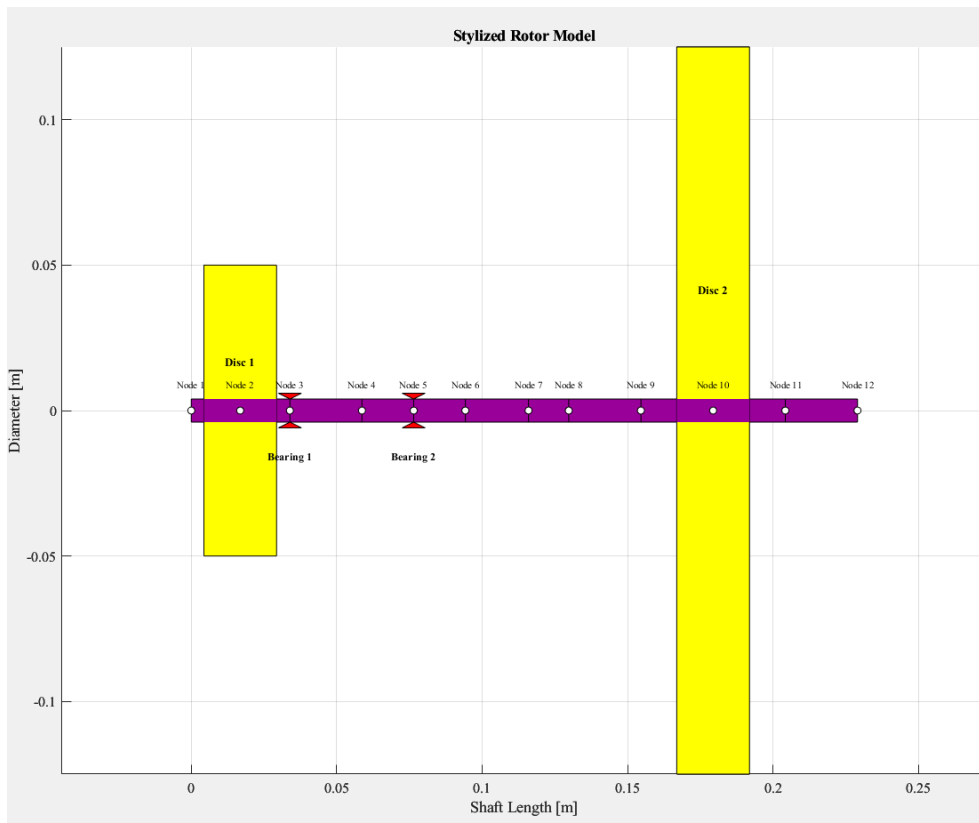


**Figure 7.** Second bearing shifted to node 5.

Due to bearing location change first critical speed increase, while second critical speed reduced slightly as it shown in figure 8.

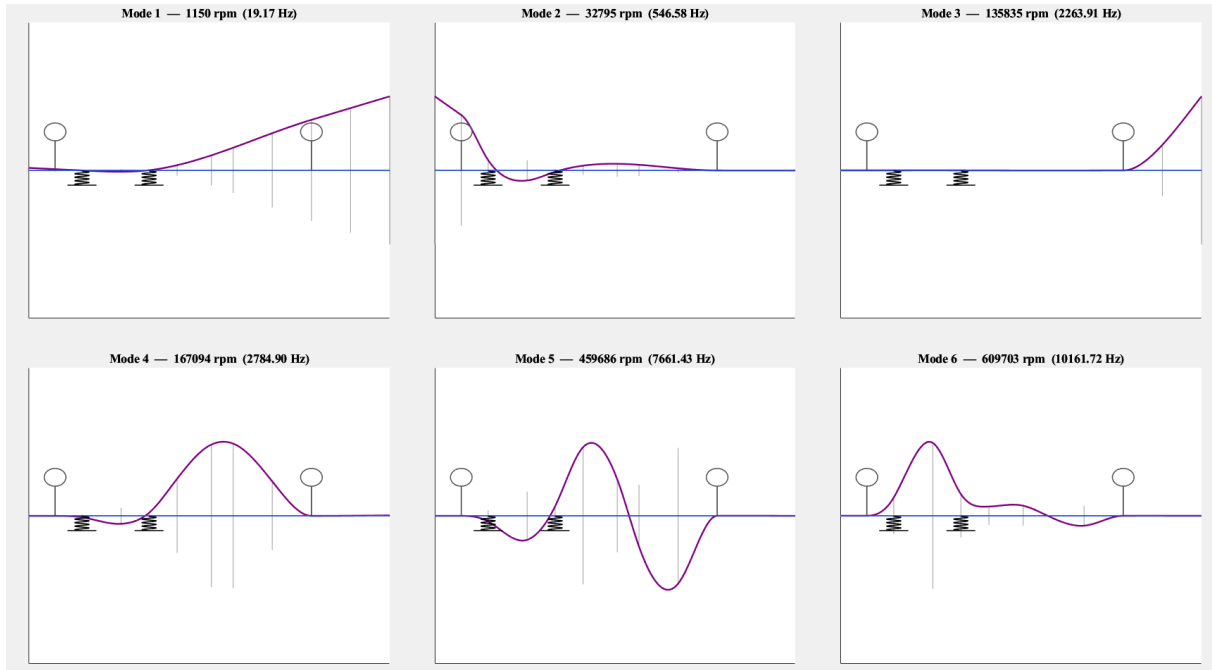


**Figure 8.** Mode Shapes and Critical Speeds

After second bearing shift to node 5, unbalance force response on bearings shown in figure 9.

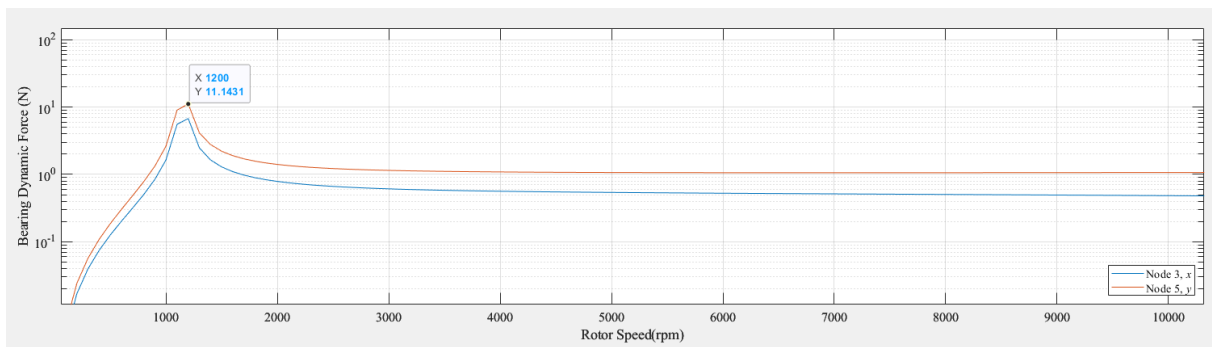


**Figure 9.** Unbalance response for bearings

Dynamic force on the bearings greatly reduced for both bearings when second bearing axial position shifts changed from node 4 to node 5. Therefore, there can be better trade-off for axial location of second bearing between unbalance load and first critical speed.

Figure 10 and 11 show effect of second disc and second bearing axial distance effect on first critical speed and second bearing dynamic force. As axial distance reduce between second disc and second bearing, critical speed increases. Dynamic load on bearing tend to reduce first, however, as distance reduce dynamic radial load on the bearing increases.

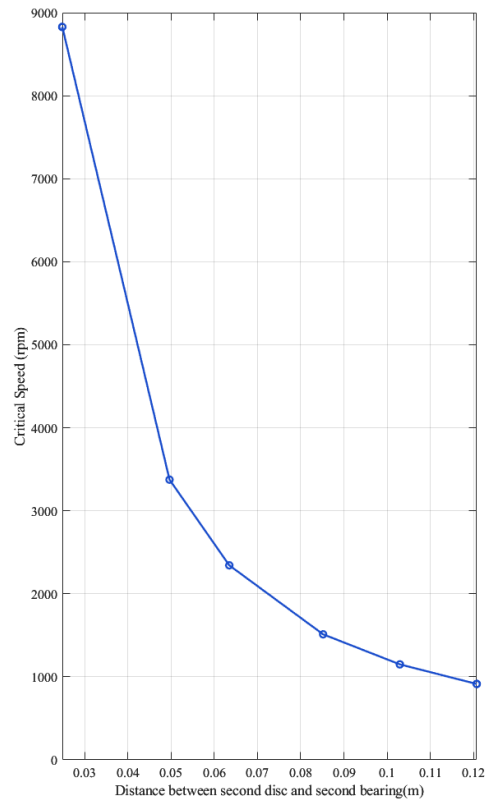


**Figure 10.** Critical speed and bearing-disc axial distance

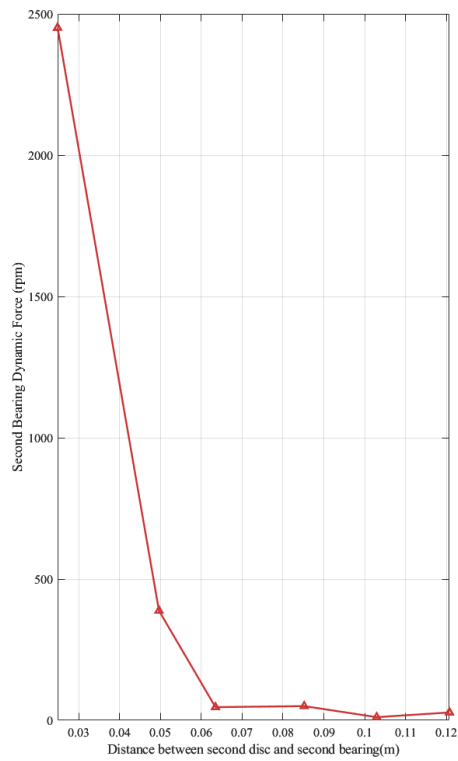


**Figure 11.** Dynamic Force and bearing- disc axial distance

## 5. CONCLUSION

The objective of this paper is to develop a MATLAB-based rotor dynamic model capable of rapidly simulating parameter variations in overhung rotor-bearing configuration and evaluating their influence on critical dynamic responses. The developed rotor dynamic model applicable to axis-symmetric geometry such as flexible shaft rigid disc system and supported by isotropic bearings thus modelled in stationary reference frame. Beam element is utilized for rotating bodies discretization. Timoshenko beam theory used for finite beam elements. The model defined using key definitions such as nodes, shafts, bearings and disks. 8 DOF Timoshenko beam elements are used for modelling of flexible shaft. The model results compared with commercial rotor dynamic software used in the industry called DYROBES. Natural frequencies, critical speeds and mode shapes compared. Maximum natural frequency and critical speed difference between the model and the software is %0.26. Resulted mode shapes almost the same. The critical speed first and second mode shapes of an overhung configuration pivotal which make distinctive characteristic from other rotor-bearing configuration. Second bearing modelled in fourth node. To investigate bearing axial location shift, second bearing shifted to fifth node. Both bearing radial dynamic forces greatly reduced, first critical speed increased while second critical speed reduced. As axial distance reduce between second disc and second bearing, critical speed increases. Dynamic load on bearing tend to reduce first, however, as distance reduce dynamic radial load on the bearing increases.

## REFERENCES

- Goodwin MJ (1989) Dynamics of Rotor-Bearing Systems. Unwin Hyman, London.
- Rankine, W. M. (1869). On the centrifugal force of rotating shafts. Van Nostrand's Eclectic Engineering Magazine (1869-1879), 1(7), 598.
- Smil, V. (2005) Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867–1914 and Their Lasting Impact, Oxford University Press
- Kerr, W., (1916), On the whirling speeds of loaded shafts, Engineering, p. 150
- Nelson, H.D., (2003), A brief history of early rotor dynamics, Sound and Vibration, 37(6), 8–11.
- Jeffcott, H.H. (1919) The Lateral Vibration of Loaded Shafts in the Neighborhood of a Whirling Speed – The Effect of Want of Balance, Philos. Mag., Series 6, vol. 37, p. 304.
- Stodola, A., (1924), Dampf- und Gasturbinen, 4. Aufl., Berlin: Springer
- Prohl, M.A., (1945), A general method for calculating the critical speeds of flexible rotors, Journal of Applied Mechanics, 12(3), 142–148.
- Clough, R.W. (1960) The Finite Element Method in Plane Stress Analysis, in Proceedings Second ASCE Conference on Electronic Computation, Pittsburgh, PA, p. 345.
- Ruhl, R.L. and Booker, J.F., (1972), A finite element model for distributed parameter turbogenerator system, Transaction of the ASME, Journal of Engineering for Industry, 94(1), 126–132.
- Nelson, F.C. and McVaugh, J.M., (1976), The dynamics of rotor bearing systems using finite elements, Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Industry, 98(2), 593–600.
- Timoshenko, S.P. (1921) On the Correction for Shear of the Differential Equation for Transverse Vibrations of Prismatic Bars, Philosophical Magazine, Vol. 41, p. 744. 53. Timoshenko, S.P. (1922) On the Transverse Vibrations of Bars of Uniform Cross-Section, Philosophical Magazine, p. 125.

- W. J. Chen, Ph.D. & E. J. Gunter, Ph.D. (2005) Introduction to Dynamics of Rotor-Bearing Systems A comprehensive rotor dynamics book by Fellows ASME. ISBN 1-4120-5190-8
- Rayleigh, J.W.S. (1877) Theory of Sound, MacMillan, London
- Crandall, S.H., (1992), Rotordynamic Software. In Rotating Machinery, Transport Phenomena, J.H. Kim, W.J. Yang (eds.). Washington, DC: Hemisphere Publishing Corporation
- <https://www.barbourstockwell.com/capabilities/spin-test-facilities/>
- Han, S.M., Benaroya, H. and Wei, T. (1999) Dynamics of Transversely Vibrating Beams Using Four Engineering Theories, Journal of Sound and Vibration, 225(5), p. 935.
- Friswell, M. I., Penny, J. E., Garvey, S. D., & Lees, A. W. (2010). Dynamics of rotating machines. Cambridge university press
- Genta, G. (2005). Dynamics of rotating systems. Springer Science & Business Media.
- Nelson, H. D. (1980). A finite rotating shaft element using Timoshenko beam theory. Journal of Mechanical Design, 102(4), 793–803.
- L.-W. Chen, D.-M. Ku (1990) Dynamic stability analysis of a rotating shaft by the finite element method, Journal of Sound and Vibration, Volume 143, Issue 1, Pages 143-151, ISSN 0022-460X,
- Tiwari, R. (2017). Rotor systems: analysis and identification. CRC press.
- Leader, M. (2004). Rotordynamics of Semi-Rigid and Overhung Turbomachinery.
- Marin, Manuel. (2012). Rotor Dynamics of Overhung Rotors: Hysteretic Dynamic Behavior. 10.1115/GT2012-68285.

## DOCUMENTATION OF THE ZARQA DESERT. BY USING AERIAL PHOTOGRAPHY TECHNIQUES

**Mohammed WAHEEB**

Professor in Archaeology; Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology  
Heritage, & Tourism (QRFTH), The Hashemite University

### **Abstract**

The Zarqa Desert, situated within Jordan's Zarqa Governorate, encompasses an extensive cultural and archaeological landscape across the basaltic *harra* plains. Its geographical reach extends east, west, and south of the Hallabat region toward North and South Azraq, where the boundaries of Mafraq Governorate emerge. To the north, settlement density intensifies near the urban centers of Zarqa and Russeifa, while it diminishes at the margins particularly in the northwestern periphery and in the eastern expanses such as Dhilail, Hallabat, and the fringes adjacent to Khalidiyah. This area constitutes a repository of cultural heritage spanning the Paleolithic, Bronze Age, Classical, and Islamic periods, continuing into the present day.

European explorers and scholars, beginning in the eighteenth century such as Alois Musil and others undertook some of the earliest attempts to record the heritage of the Zarqa Desert. Subsequent scholarship highlighted the abundance of archaeological resources within Jordan's deserts, with the Zarqa Desert in particular demonstrating a remarkable density of sites. Prior research, however, has predominantly concentrated on conspicuous architectural remains, such as fortified structures (e.g., 'Uwaynid Fort and Uşaykhim Tower), palatial complexes (e.g., Hallabat, Sarh, and Qusayr 'Amra), defensive castles (e.g., Shubeib and Azraq), ancient routes traversing Wadi al-Sirhan, and hydraulic installations attributable to the Roman, Byzantine, and Islamic eras. Despite this legacy, the present project identifies critical constraints that have impeded systematic documentation, archaeological survey, excavation, conservation, and heritage management in the Zarqa Desert. Chief among these is the absence of a comprehensive geospatial database of archaeological and heritage sites. To address this lacuna, the proposed "ZADIS" program is introduced as a foundational digital infrastructure upon which research priorities can be reorganized and implemented within a coherent, strategic framework. Additional limitations include restricted mobility across the desert due to the lack of reliable access routes exacerbated during winter by flooding and erosion of unpaved tracks—and, more fundamentally, the absence of an integrated heritage management plan aligned with provincial development strategies and forward-looking visions for the Zarqa Desert.

In this context, the project advances a strategic framework for the systematic documentation and revitalization of the Zarqa Desert's cultural resources, thereby contributing to sustainable development agendas consistent with local, regional, and international standards. Preliminary findings indicate that basalt-built features dispersed throughout the governorate remain underrepresented in academic discourse. The paucity of scientific publication has compounded this neglect, necessitating a specialized, technology-driven initiative for comprehensive documentation.

The project methodology prioritizes aerial imaging technologies as the principal means of investigation. Current approaches employ a combination of high-resolution satellite imagery (e.g., Google Maps), archival aerial photography, and dedicated drone surveys. These techniques demonstrate clear advantages over conventional field methods in terms of cost-effectiveness, temporal efficiency, and spatial accuracy. Initial results have revealed a diverse array of features, including intensively distributed stone circles, elaborate hunting traps defined by long linear walls, domestic structures built of basalt, ambiguous circular formations requiring further study, extended wall systems, small chain-like alignments, cairns on elevated topographies, and enclosures for livestock.

Accurate chronological and cultural contextualization of these features, however, requires integrated archaeological investigation, systematic ground survey, architectural analysis, and the recovery of diagnostic surface assemblages such as pottery sherds. Such work will enable researchers to refine the historical narrative of the Zarqa Desert and establish the basis for sustainable heritage trails, enhancing the cultural economy of the region and providing tangible benefits to local communities. Ultimately, the project underscores the urgent need to expand the application of aerial imaging technologies in Jordanian desert archaeology, offering both methodological innovation and practical pathways toward the preservation and valorization of this underexplored landscape.

**Keywords:** Aerial archaeology, remote sensing, basaltic landscapes, heritage documentation, Zarqa Desert, Jordan.

## **AN ASSESSMENT OF ADEQUACY OF EMPLOYEE ALLOWANCES AND WELFARE PACKAGES AND ORGANIZATIONAL PERFORMANCE IN ABUJA FCT - NIGERIA**

**Dr. Chukwuemeka G. EME (PhD)**

Department of Business Administration, Faculty of Management Sciences,  
National Open University of Nigeria (NOUN), Airport Road, Jabi, Abuja, Nigeria

### **Abstract**

The study examined employee welfare packages and ways in which they can promote the performance of public organizations in the Federal Capital Territory (FCT), Abuja, Nigeria. A descriptive survey research design was adopted. The study was guided by two research questions and two hypotheses. The population of the study consisted of the 20,000 civil servants in Abuja FCT. A sample size of 800 civil servants comprising of 430 males and 370 females was drawn through stratified random sampling technique. A questionnaire titled; ‘Employee Welfare Packages and Organizational Questionnaire’ was designed by the researcher and was used for data collection. The instrument which contained 25 items was properly validated and a reliability of 0.81 was obtained through Cronbach Alpha approach. Percentages, mean and standard deviation were used to answer the research questions while Z-test was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance. The results of the study showed that the employee welfare packages enjoyed by civil servants in Abuja FCT include rent subsidy and transport allowance but they were less than expected. The study revealed that adequate employee welfare packages could enhance staff performance by promoting job commitment and satisfaction as well as enhance productivity and efficiency in the utilization of resources. Based on the findings, the study recommended that the Abuja FCT Administration should implement adequate welfare packages such as the new minimum wage and ensure that she upholds the agreements reached with labour unions in the FCT to avoid adverse industrial actions.

**Key Words:** Employee welfare, Public organizations, Organizational Performance, Civil Servants, Public Service

### **1.Introduction**

Organizations globally desires to employ and retain workers with high pedigree and the potentials of high productivity. Employees’ productivity is a function of the type of motivations available in the workplace. Where the working condition is favorable, workers automatically work with

enthusiasm and less concern about their welfare, but if it is contrary, workers are disenchanted as their commitment dwindles, and productivity becomes a mirage (Makinde, 2013). The working conditions in which civil servants in Nigeria perform their day-to-day task has left more to be desired (Chipeta, 2014). Most civil servants are unable to perform their duties satisfactorily due to inadequate and poor supply of functional equipment, lack of stationaries, and unsupportive management systems (Edoho, Bamidele, Neji & Frank, 2015). Lack of a career structure, poor housing, inadequate clinical facilities, drugs (for civil servants in state-owned medical facilities), inadequate pay, lack of recreational facilities, limited schooling opportunities for children, academic isolation and bureaucratic problems have also been identified as factors that affect the productivity of civil servants in Nigeria (Edoho, Bamidele, Neji & Frank, 2015).

According to Akvash (2016) workers are often exposed to poor working conditions, unsatisfactory hygiene environment and facilities, delay and denial of promotions, as well as poor reward system. Other prevalent problems with regards to working conditions in Nigeria Civil Service are inadequate office accommodation, inadequate lighting, poor and epileptic power supply, lack of sufficient ventilation, shortage of working apparatus, routine refusal to pay overtime benefits, unfriendly welfare packages, as well as poor health insurance schemes, which have left most workers taking responsibility for their medical expenses (Ighe, Okpa & Aniah, 2017; Ipole, Agba, & Okpa, 2018)> It is sad to note that Africa and indeed Nigeria are losing their experienced and seasoned public servants to developed countries as a result of neglect of the public service by government (Ipole, 2018). In Abuja FCT, civil servants' issues such as understaffing, excessive workload, inadequate supervision or support and long working hours are some of the challenges affecting the productivity of civil servants in the civil service. Other issues include lack of essential working equipment, little or no training for staff, poor rewarding system, delay and denial of promotions, lack of sufficient consumables, among others has been described as factors that have compromised the productivity of civil servants in Abuja FCT (De Villers & DE Villers, 2014; Edoho, Bamidele, Neji & Frank, 2015; Ipole, Agba, & Okpa, 2018).

Previous studies (Agba, 2010; Ushie, Agba, & Agba, 2010; Neji & Frank, 2015; Igbe, Okpa & Aniah, 2017; Ukwaiyi & Okpa, 2017; Ukwaiyi, Okpa & Dike, 2018) have argued that the interplay between conducive working environment and employee productivity, suggest that the formulation and implementation of government policies will be defective, if quality work environment, a satisfied and committed workforce are not developed and placed in their right context for efficient

service delivery. These provisions will create a sense of belonging, where every worker feel that he or she is an important stakeholder who must make significant contribution to that aim to improve productivity in Abuja FCT. Civil Service. This study examined the adequacy of employee welfare packages and organizational performance in the Abuja FCT. Civil Service in Nigeria. The study, therefore, hypothesized that there is no significant relationship between reward system, promotion and employees' productivity in Abuja FCT Civil Service, Nigeria.

### **1.1.Statement of the Problem**

It is difficult for any organization to achieve its goals without adequate management of its human resources. They need to be adequately motivated to enable them put in their best efforts in order to enhance the performance of the organization and the achievement of set targets. It has been observed that workers in public organizations in Abuja FCT often embark on strike to pressure the government to meet some of their demands. Some employees are habitually late to work as every day while others do not come to work every day. This implies that some employees in public organizations in Abuja FCT hardly put in their best efforts to enhance the performance of their organizations. The above scenario would suggest that human resource management is not receiving proper attention in public organizations in Abuja FCT. The implication would be that employee welfare is not getting the adequate attention that it deserves and hence the frequent strikes by civil servants and other nonchalant attitudes from them. This situation hinders efficiency and effectiveness in the utilization of resources for better productivity. This is a problem worthy of further investigation as to the root causes and how to address it.

### **1.2.Aim and Objectives of the Study**

The purpose of this study is to assess/investigate employee welfare packages and organizational performance in Abuja FCT, Nigeria. Specifically, the study has the following objectives:

- 1.To ascertain the employee packages that are enjoyed by civil servants in Abuja FCT;
- 2.To determine ways in which adequate employee welfare can enhance the performance of organizations in Abuja FCT.

### **1.3.Research Hypotheses**

The following hypotheses were tested at 0.05 level of significance:

Ho1: There is no significant difference between the mean scores of male and female civil servants on the employee welfare packages enjoyed by civil servants in Abuja FCT.

Ho2: There is no significant difference between the mean scores of male and female civil servants on the ways in which adequate employee welfare can enhance the performance of public organizations in Abuja FCT.

## **2. Literature Review**

### **2.1. Conceptual Review**

#### **2.1.1. Employee Welfare**

Welfare is a broad concept which refers to the state of living of an individual or a group in a desirable relationship with the total environment-ecological, economic and social. After basic pay and incentives, the third major component of organizational reward system are welfare and social benefits some of which are mandated by law and some are voluntary. Adequate levels of earnings, safe and human conditions of work and access to some minimum social security benefits are the major qualitative dimensions of employment which enhances quality of work life of workers and their productivity (Keitany, 2014).

As a concept, welfare can be considered to be a desirable state of existence involving physical, mental, moral and emotional well-being. Stratton (2005) defined employee welfare programs as the good fortune, health, happiness and prosperity of a person, group, or organization, well-being, to look after a child welfare; the physical or moral welfare of society. This is the financial or other assistance to an individual of family from an organization, city, state, or national government. Employee welfare is a comprehensive term including various services, benefits and facilities offered to employees their employers. The welfare packages need not only be monetary. They could be benefits in kind or other forms but also capable of being monetized. These include items such as allowances, housing, transportation, medical insurance and food. Employee welfare also includes monitoring of working conditions, creation of industrial harmony through infrastructure for health, industrial relations and insurance against diseases, accidents and unemployment for workers and their families. Through such benefits, services and facilities, the employer makes life worth living for employees hence improved employee performance.

According to Abu (2016), employee welfare is any effort by the employer to make life worth living for workmen. Welfare is a comprehensive term including various service, benefits and facilities offered to employees by their employers through such generous fringe benefits that make their life worth living and thereby motivate them to give their best at work. Welfare includes anything that is done for comfort and improvement of employees and is provided over above the wages. Welfare

helps in keeping the morale and motivation of the employees high so as to retain the employees' services. Employee welfare include monitoring of working conditions, creation of industrial harmony through infrastructure for health, industrial relations and insurance against disease, accident and unemployment for the workers and their families. Employee welfare entails all those activities of employer which are directed towards providing the employees with certain facilities and services in addition to wages or salaries. The very logic behind providing welfare schemes is to create efficient, healthy, loyal and satisfied labor force for the organization to enhance performance level (Armstrong, 2008).

In the view of Gannon (2002), employee welfare is an all-encompassing term covering a wide range of facilities that are essential for the well-being of your employees. Armstrong (2008) referred to it as the total package offered to employees over and above salary which increases their wealth and well-being at some cost to the employer. The idea behind providing welfare package is to create healthy, dedicated, loyal, efficient and satisfied workforce for the organization. The purpose of providing such facilities is to make their work life better and to equally enhance their standard of living. Employee welfare packages are additional compensation given to employees as rewards for organizational membership (Nzeribe, 2011). Employee welfare is any effort by the employer to make life worth living for workmen. Employee welfare is a general term comprising of various services, benefits and facilities given to employees by their employers through such generous fringe benefits to encourage, entice and motivate employees to work harder and conscientiously for greater productivity.

Coventry (2004) asserted that employee welfare includes providing social club and sports facilities as appropriate, supervising staff and workers' canteens, running sick clubs and savings schemes; dealing with superannuation, pension funds and leave grants, making loans available on hardship cases; arranging legal aid and giving advice on personal problems; making long service grants; providing assistance to staff transferred to another area and providing fringe benefits (such as payment during sickness, luncheon vouchers and other direct and indirect support to the employee).

The International Labor Organization (ILO) broadly classifies welfare package services into two groups. The first group are referred to as intra-mural activities which are provided within the establishment such as latrines and urinals, drinking water, washing and bathing facilities, creches, rest shelters and canteen, arrangements for prevention of fatigue, health services including

occupational safety, uniform and protective clothing and shift allowances. The second group are extra-mural activities which are undertaken outside the establishment such as maternity benefits, social insurance measures like gratuity pension, provident fund and rehabilitation, physical fitness and efficiency, family planning and child welfare, education facilities, housing facilities, recreational facilities including sports, cultural activities, transport to and from the place of work (Manju & Mishra, 2007). They may also be divided into statutory and voluntary welfare services which comprise the legal provision in various pieces of labor legislation and activities which are undertaken by employers for their workers voluntarily respectively (Arkita, 2010).

Osterman (2010) concluded that staff productivity is a function of staff welfare. Itodo and Abang (2018) equally concluded in their study that good welfare package has a strong influence on the performance level of the officers and men of the police force. Therefore, to promote job commitment and satisfaction on the part of the workforce mostly in the civil service, government and management team of public organizations should design appropriate and adequate welfare packages for the workers in order to promote high performance.

## **2.2.Theoretical Review**

This study is anchored or underpinned by the Human Relations theory. The human relations theory is attributed to the outcome of the studies, referred to as the Hawthorne experiments, carried out by Elton Mayo (1927-1932) and his colleagues in the Western Electric Company in Chicago. The tenets of the theory are as follows: firstly, a worker's need for recognition, consultation and a sense of belonging is more important in determining his morals and productivity than the physical ability or stamina. Secondly, non-economic factors (social rewards and sanctions) are significant determinants of workers' motivation and their levels of job satisfaction. In other words, productivity is strongly affected by social and psychological factors, not simply by conditions of work. Thirdly, informal groups within an organization strongly influence the work habits and attitude of the individual workers. Lastly, an effective style of supervision is created when the managers consult the work groups and their informal leaders before introducing every change in the work schedule. Where all these factors among others are in place, the workers have a sense of belonging and are treated as critical stakeholders in progress (with their own welfare adequately taken care of), then, there is a guarantee that they will put in their best for optimal productivity and organizational growth.

### 3. Methodology

The study adopted descriptive survey research design. The population of the study consisted of twenty-thousand (20,000) civil servants in public organizations in Abuja FCT, Nigeria (Source: Office of the Head of Service, Abuja FCT, 2022 Report). A sample of eight hundred (800) comprising of four hundred and thirty (430) male and three hundred and seventy (370) female civil servants was drawn through stratified simple random sampling technique. This sample size represented 5% of the population. A questionnaire entitled: ‘‘Assessment of Employee Welfare Packages and Organizational Performance in Abuja FCT, Nigeria’’ designed by the researcher was used for the data collection and the responses were scored on a 4-point Likert scale with Strongly Agree (SA), 4, Agree (A), 3, Disagree (D), 2 and Strongly Disagree (SD), 1. The instrument was properly validated and a reliability coefficient index of 0.81 was obtained through Cronbach Alpha Method. Percentages, mean and Standard Deviation were used to answer the research questions while z-test was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance.

### 4. Data Analysis and Results

In this section, the data collected were presented and analyzed. The results were presented in tables 1-3 in accordance with the research questions and hypotheses. In analyzing the data, mean ratings from 1.00 – 1.49 = very low; 1.50 – 2.49 = low, 2.50 – 3.49 = high; 3.50 – 4.00 = very high.

Research Question 1: What are the extent of relationship between organizational performance and employee welfare packages in Abuja FCT, Nigeria?

**Table 1:** Mean Score of Employee Welfare Packages on Organizational Performance

|                           | N  | Mean | Std. Deviation | Remark |
|---------------------------|----|------|----------------|--------|
| Employee Welfare Packages | 81 | 2.91 | .55            | High   |

**Source:** Researcher’s Field Work (2022)

The mean score of between organizational performance in relation to employee welfare packages is 2.91 as shown in table 1 above indicates that organizational performance is high when employee packages are equally high.

**Research Question 2:** What are the extent of relationship between organizational performance and employee commitment and satisfaction in Abuja FCT, Nigeria?

**Table 2:** Mean score of Employee Commitment and Satisfaction on Organizational Performance in Abuja FCT, Nigeria

|        | N   | Mean | Std. Deviation | Remark |
|--------|-----|------|----------------|--------|
| Male   | 430 | 2.93 | .44            | High   |
| Female | 370 | 2.90 | .61            | High   |

**Source:** Researcher's Fieldwork (2022)

The mean score of employee commitment and satisfaction on organizational performance in Table 2 shows that organizational performance increases as employee commitment and satisfaction is high.

**Table 3:** Linear Regression of Employee Welfare Packages and Organizational Performance

| Variable                   | Mean           | SD         | r-value            | Sig.                       |
|----------------------------|----------------|------------|--------------------|----------------------------|
| Employee Welfare Packages  | 18.61          | 2.68       | 0.103              | .001                       |
| Organizational Performance | 17.36          | 2.53       |                    |                            |
| Model summary              |                |            |                    |                            |
| Model                      | R              | R-Square   | Adjusted R-squared | Std. Error of the Estimate |
| 1                          | .103           | .011       | .000               | 2.67                       |
| ANOVA                      |                |            |                    |                            |
| Model                      | Sum of Squares | DF         | Mean Square        | F Sig.                     |
| Regression                 | 70.077         | 1          | 70.077             | 9.808 .002                 |
| Residual                   | 6502.063       | 910        | 7.145              |                            |
| Total                      | 6572.140       | 911        |                    |                            |
| Regression Coefficients    |                |            |                    |                            |
| Model                      | B              | Std. Error | Beta               | t Sig.                     |
| Constant                   | 16.715         | .603       |                    | 27.279 .000                |
| Organizational Performance | .109           | .035       | .103               | 3.132 .002                 |

**Source:** Researcher's Fieldwork (2022)

#### 4.1. Summary of Research Findings

The following are the summary of the research findings:

- i) There is a significant relationship between employee welfare packages and organizational performance in Abuja FCT, Nigeria.
- ii) There is a significant relationship between promotion and employees' productivity in Abuja FCT, Nigeria.

## 5. Conclusion

Organizations globally, desires to employ and retain workers with high pedigree and productivity. Hence, any organization, demanding the best from their employees must establish a pleasant working environment in order to bring out the best from their employees' (Pitaloka & Sofia, 2014). Based on the findings of this study, we therefore conclude that good rewarding system in form of employee welfare packages and a carefully planned promotion program will improve and enhance the productivity of civil servants and by extension public organizational performance in Abuja FCT, Nigeria. The findings of this study is not a surprise as functional reward system and promotion naturally stimulates self-development and builds employees' interest in the job. A friendly reward system occupies an important and vital place in the life of any employee and the organization. A friendly reward system such as prompt payment of allowances and other fringe benefits could positively impact on the moral and productivity of civil servants. When civil servants are substantially and well remunerated, usually they perform effectively in the realm of productivity and promotion of all ethical practices that concerns the organization. According to Yoder, Heneman, Turnbull, and Stone (1958), "employee welfare packages and promotion provides incentives to initiative, enterprise, and ambition; minimizes discontent and unrest; attracts capable individuals, necessitates logical training for advancement and forms an effective reward for loyalty, cooperation, and long service". It is against this background that this study recommended that:

1. The Abuja FCT Administration in alliance with the Head of Civil Service should design an enhanced and better rewarding system that all Abuja FCT Civil Servants in the public organizations must comply with. Also, the Abuja FCT Administration should not hesitate to implement the new national minimum wage that will be passed into law.
2. Government of the Abuja FCT Administration should ensure that workers who are due for promotion are promoted as-at-when-due. Promotions should only be given on the basis of seniority, hard work, efficiency, attitude, physical fitness, leadership, experience, and length of service and achievement. In addition, implementation of staff promotion should be taken seriously by government.

## References:

1. Agba, A. O. (2010). Motivational incentives and staff turnover in the hospitality industry in Cross River State. *Nigerian Global Journal of Management and Business Research*, 10 (8).
2. Akwash, F. B. A. (2016). Healthcare transformation: Issues, challenges and the way forward. *Worldwide Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2(5), 27-30.
3. Bubbie, E. (2010). *The practice of social research*. Belmont., C. A.,: Thomson Wadson.
4. Chipeta, J. B. (2014). Factors that affect staff morale in tertiary hospitals in Malawi: A case study of Kamuzu Central Hospital. *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, 2, 230 – 238.
5. De Villers, M. R. & De Villers, P. J. T. (2014). Doctors' views of working conditions in rural hospitals in the Western Cape. *Department of Family Medicine and Primary Care. Faculty of Health Sciences, Stellenbosch University*, 46(3), 21-26.
6. Edoho, S. P., Bamidele, E. O., Neji, O. I., & Frank, A. E. (2015). Job satisfaction among nurses in public hospitals in Calabar, Cross River State, Nigeria. *American Journal of Nursing Science*, 4(4), 232-237.
7. Igbe, J. E., J. T., Okpa, and Aniah, E. O. (2017). "Working conditions and deviant behavior of employees in the University of Calabar, Cross River State, Nigeria". *Journal of Humanities and Social Science*, 22(7), 74-83.
8. Makinde, H. O. (2013). Securing a harmonious working environment through effective industrial relations at workplace: The Nigerian perspective. *Business Management Dynamics*, 3(2), 46-59.
9. Pitaloka, E. & Sofia, I. P. (2014). The effect of work environment, job satisfaction, organization commitment on OCB of internal auditors. *International Journal of Business, Economics and Law*, 5(2), 10-18.
10. Ukwayi, J. K. & Okpa, J. T. (2017). Critical assessment of Nigeria Criminal Justice System and the perennial problem of awaiting trial in Port Harcourt Maximum prison, Rivers state. *Global journal of social sciences*, 16, 17-25.

## **BOARDROOM LEADERSHIP IN NIGERIAN BUSINESS ORGANIZATIONS: THE BOARD OF DIRECTORS AS A SOURCE OF STRATEGIC MANAGEMENT**

**Dr. Chukwuemeka G. EME (Ph. D)**

Lecturer, Department of Business Administration, Faculty of Management Sciences,  
National Open University of Nigeria (NOUN), Jabi – Abuja, Nigeria

### **Abstract**

The board of directors is the highest administrative body of a company. For that reason, its duties constitute the central axis of corporate governance. The aim of this paper is to bring together some of the foundational and recent literature interlinking corporate governance and the leadership role of the board of directors. Strategic leadership is widely assumed to be a responsibility that defaults to the Chief Executive Officer (CEOs). However, in practice, what most CEOs do is strategic management rather than strategic leadership. While strategic management does share key aspects of strategic leadership CEOs are expected to prioritize the managerial side over the leadership side. This is just one of the situations in which the boardroom assumes the leadership role. This paper discusses how boards of directors conduct the process of strategic leadership in their organizations. In recent years there has been an increasing interest among scholars to understand how boards strategize from a behavioral point of view. This growing interest has resulted in the development of various typologies regarding boards' involvement in the strategic leadership processes.

**Key Words:** Board of Directors, Corporate governance, Strategic leadership, Agency theory, Principal-agent problems, Stewardship theory, Board typologies

### **1.Introduction**

The board of directors is the highest administrative body of a company. For that reason its duties constitute the central axis of corporate governance (Du Plessis, Hargovan, & Harris, 2018). The board of directors is at the apex of the organization. Their duties include both internal and external functions, such as monitoring senior management and being involved in the strategic direction of the enterprise. As stated by Banzato and Volpp (2016), the board of directors is a small group of people at the top of an organization whose decisions dramatically affect the company's outcomes. The idea of the director board, and corporate governance itself, dates back into several millennia (Evans & Letza, 2017).

According to Pugliese et al. (2009), in the last four decades research on the relationship between boards of directors and strategy has proliferated. For these researchers there is little theoretical and empirical agreement regarding the question of how boards of directors contribute to strategy. Their studies illustrate that research on boards of directors and strategy evolved from normative approaches to behavioral approaches which aimed to analyze the impact of board processes and dynamics on strategy-making. Dimopoulos and Wagner (2018) builds the case that the power of the board to determine CEO's continuation or turnover is a commonly used device by which the board exercises its authority. There are situations in which governance deviance is considered as a progressive measure – such as when the management is evidently incapable of a badly needed course correction and when a firm is collectively defined in terms of its entrepreneurial identity motives (Aguilera, Judge, & Terjesen, 2018).

Despite gaps in knowledge around the role and nature of the board involvement and strategic development, there is much support for the notion that the strategic role of the board is a vital practice of governance (Demirag, 2018; Ferkins, Shilbury, & McDonald, 2005). Although researchers have previously recognized that a board's involvement in strategy related issues is critical to creating and maintaining shareholder value, relatively few studies have been undertaken in this area. Despite the consensus in the governance literature that boards should play an active role in strategy. Atkinson, Kochetova-Kozloski and Webb (2012) conclude that little research exists documenting the extent to which this is occurring. Boards in corporations with a significant number of individual investors seem to be more concerned about interventions in not just strategic issues but also in tactical and operational management. Institutional investors, on the other hand, employs proxy advisors as the front-end of their change leadership efforts (McCarthy, Sautner, & Starks, 2016).

This paper aims to be a literature review on the way boards conduct the strategic leadership process in their organizations. In what follows the discussion has been organized to address the main concepts of strategic leadership, theories of corporate governance and the main functions of a board of directors as presented by different researchers. In section one it presents much of the theoretical discussion on the degree to which a board of directors should be involved in formulating and implementing strategy. Section two addresses the functions of the board, highlighting the changing expectations. Section three is devoted to elaborating the role of strategic leadership in the functioning of the board. On how the board perceives this role is the focus of section four.

Section five elucidates the theoretical typologies of board involvement when it comes to strategizing. This section identifies the central ways by which the boards of directors carry out the strategic function in their organizations. In section six, the ideas presented in the previous sections are integrated to bring home the importance of strategic leadership as a board function and the challenges for the board to do the same. While doing so it points out the increasing disenchantment in the literature, with agency theory as a means to understand boardroom behavior and also the rise of alternatives like stewardship theory.

## **2.Theoretical Foundations**

The various theories of corporate governance serve as a basis to adequately understand the way a board of directors should conduct strategic leadership in an organization. According to the studies by Pugliese et al. (2009), theories such as agency theory, stewardship theory, resource dependency theory, and managerial hegemony theory have ascribed different responsibilities to boards with regard to strategy. Their studies show that scholars have regularly highlighted the disagreement in the empirical research on the relationship between boards and strategy. For them the controversy over the nature of directors' strategic role still seems to be topical after several decades of research (Pugliese et al., 2009). In many emerging markets, the boards were constituted of members nominated by the founders, political parties, governments, etc. Depending on their short-or long-term stakes in the financial performance of the corporation, they show various levels of interference in strategic management and leadership (Black, De Carvalho, Khanna, Kim, & Yurtoglu, 2018).

According to Ferkins et al. (2005), agency theory is characterized by the situation in which an individual (the principal) engages another person (the agent) to undertake a service for them and in doing so delegates some of the decision-making authority to the agent. The authors state that this theory is mainly concerned with the risks the principal faces: agent opportunism (acts of self-interest at the principal's expense), and adverse selection (agent's lack of ability to meet performance expectations). The authors further argue that the threat of agent opportunism exists because the two parties potentially have divergent interests or goals for the firm (Ferkins et al., 2005).

Agency theory conceptualizes managers as self-interested agents that should be closely monitored and it posits that boards affect strategic choices by preventing managers from acting opportunistically at the expense of shareholders. More recent research indicates that activist

owners, securities analysts, and various other external governance forces too may deter managers from acting opportunistically (Shi, Connely, & Hoskisson, 2017). The interest mismatch between employees and owners, although presented as a given, is not true in every organizational context, say, sometimes it could be the result of an informational asymmetry (Omar, Sell, & Rover, 2017).

According to Pugliese et al. (2009) following the agency theory means that boards are not expected to initiate and implement strategies, as it would make boards of directors co-responsible for strategic decisions and it would jeopardize the required distance between board members and managers. Also, even as boards wish to reap the benefits of managerial excellence, it nevertheless does not want to be seen as the cause of a corporate meltdown (Panda & Leepsa, 2017). Board involvement in strategy appears to be in somewhat of a conflict with the agency theory. Pugliese et al. (2009) conclude that according to this theory, boards are expected to contribute to strategy only through ratifying and monitoring strategic decisions.

Stewardship theory is more normative in nature than the agency theory (Subramanian, 2018). It may come closer to an organic process in certain situations such as when only family members are those who manage the corporation (Memili, Fang, & Butner, 2017). In contrast to agency theory, Ferkins et al., (2005) state that stewardship theory considers situations where managers, as stewards, are motivated to act, not out of self-interest, but in the best interests of their principals. According to the authors, stewardship theory negates the so-called agency costs by assuming that a steward's behavior will not depart from the interests of the organization. This theory supports the idea that a steward's behavior is based on co-operation, pro-organizational and collectivistic actions, since this type of behavior is placed as a higher priority than self-serving behavior (Ferkins et al., 2005). The true reflection of board leadership in corporate governance is probably seen in terms of how much of stewardship it exhibits to attaining the corporation's mission (Knapp, 2018).

As stated by Pugliese et al. (2009) the stewardship theory challenges the rationale of agency theory by arguing that the interests of managers and board members do not necessarily collide. In this perspective, the role of boards is to empower managers, also in the strategy-formulating process. The authors further argue that this perspective conceptualizes managers as intrinsically motivated agents acting in the best interest of the firm. Accordingly, boards are defined as organizational bodies that may support empowered managers in strategy formulation and implementation (Pugliese et al., 2009). Variations of this idea may be found in different cultural contexts – the Jewish Covenantal Theory is one such example (Wesley & Plaskoff, 2017).

Another dominant theory, the resource dependency theory (RDT), suggests that board members are in excellent position to contribute to strategic decision making by providing access to resources upon which firms depend (Hillman, Withers, & Collins, 2009). The original perspective from Pfeffer and Salancik (1977) stressed the ability of directors to provide access to resources otherwise unavailable to the firm, and the potential of board members to create linkages between the firm and its environment. This theory is in a manner complimentary to the resource-based view of the firm (RBV) founded by Edith Penrose. The focus of RBV is on internal organizational resources whereas the focus of RDT is those resources residing in the organizational environment but the organization is uniquely advantaged to leverage them – thanks to the board of directors (Babelyte-Labanauske & Kriauciunas, 2018).

Finally, according to Ferkins et al. (2005), managerial hegemony theory asserts that, while the board has power by legal right, the real responsibility for the organization is assumed by management. The authors argue that this theory is conceptually aligned to the agency theory. In this perspective, the board's most important function is to ensure that management acts in the best interest of shareholders rather than to prevail over it. Even if they wish the CEO and the management dominate the board and this, in practice, creates a passive board (Manna, Sahu, & Gupta, 2019). In other words, ambitious boards should find alternative ways by which to exercise their leadership intent.

### **3.The Current and Emerging Functions of the Board**

Bainbridge (2015) classifies the specific functions of a board of directors into three broad categories: management, oversight and service. For the author, the management function is a required aspect in most organizations worldwide, in that a board of directors is the formally designated body to direct the affairs and businesses of a corporation. To perform this function, the board of directors delegates the ordinary operations to senior management and in doing so, it must perform the oversight and monitoring function. According to Bainbridge (2015), this aspect is derived from the agency theory, according to which, the board of directors has been designated by the shareholders to protect their interests against the actions of senior management, which could, under wrong stimuli, act against those interests. Finally, the author indicates that management operates by facilitating business links with financial institutions and political connections with authorities, and by providing specialized knowledge in complex matters (Bainbridge, 2015).

For Ingley and Van der Walt (2001), the five main functions of the board are: (1) providing strategic direction and values; (2) approval of planning; (3) monitoring and control of performance; (4) ensuring organizational capability; and (5) awareness and compliance with legal responsibility.

In accordance with OECD's principles of corporate governance (2015), the board of directors is primarily responsible for achieving an adequate financial return for the shareholders of the company and for effective management oversight. To accomplish this, the board must conduct an appropriate direction of corporate strategy while preventing conflicts and reconcile the demands of the various stakeholders of the organization.

In the same line of thinking, the Andean Development Corporation (2013) states that the board has as its general functions: (1) strategic definition of the organization; (2) management oversight; (3) governance of the company; and (4) supervision of a series of specific subjects such as control systems, risk management, prevention of conflicts of interest and institutional ethics, among others.

The UK Institute of Directors (2001) points out that the board of directors is essentially a deliberative body, which nevertheless delegates a wide range of authority to management for the fulfillment of the corporate purpose; it hold itself responsible for all actions taken in the company. Therefore, the board of directors must fulfill four main tasks: (1) the establishment of the vision, mission and institutional values; (2) the establishment of the corporate strategy and the organizational structure; (3) the controlled delegation of powers to management; and (4) the exercise of responsibility towards shareholders and other relevant stakeholders.

All the above definitions regarding the responsibilities of the board of directors explicitly require the involvement of the board in the strategic process which is analyzed in the following sections.

#### **4.Strategic Leadership in the Board's Functions**

Vera and Crossan (2004) argue that strategic leadership theory refers to the study of leaders at the top of the organization. Yukl (2013) points out that traditional literature about leadership has been concerned with managers and their subordinates as they interact in organizations, but in recent years there has been an increased interest in understanding how top executives can transform their companies to adapt to a complex environment and stay competitive. This new perspective about leadership has been known as strategic leadership (Yukl, 2013).

Lussier and Achua (2010) define strategic leadership as “a process of providing the direction and inspiration necessary to create and implement the vision, mission and strategies of a company to achieve organizational objectives” (p. 418). Quong and Walker (2010) define strategic leadership as “collaborating with multiple stakeholders to put in place strategies to respond rapidly to complex problems that often require new ways of thinking and understanding of rapidly changing knowledge” (p. 23). Yukl (2013) states that strategic leadership is conducted in several ways, including decisions about the competitive strategy, human resources, management programs, systems, and organizational structure. Malewska and Saydak (2014) agree with this perspective by affirming that developing a vision for the future and determining the necessary steps needed to implement that vision are the most critical duties of strategic leadership.

The US Army War College (2010) defines strategic leadership as “the process to effect the achievement of a desirable vision by influencing the organizational culture, allocating resources, directing through policy and directive, and building consensus within a volatile, uncertain, complex, and ambiguous global environment” (p. 2).

In most organizations, strategic leadership is conducted collectively by a small group of people located at the apex of the organization. This assumes that top management is the most entrepreneurial segment in any organization and that the top management knows best (Covin & Slevan, 2017). The decisions of this small group of people at the top of an organization may dramatically affect its outcomes and, given this, the board has a special interest in guiding the process (Banzato & Volpp, 2016).

Research by Ingley and Van de Walt (2001) shows that the first responsibility of the board is to set effectively the organization’s strategic direction. The authors affirm that the board of directors is in a unique position to accomplish an appropriate strategic leadership role. In order to fulfill this function, the board performs periodic reviews of mission, vision, and measures progress toward strategic goals and objectives (Ingley & Van der Walt (2001). Additionally, the authors argue that the board must approve and monitor focused plans for management to meet strategic objectives.

The King IV Corporate Governance Report puts additional oversight expectations upon the board: this means, among other things, managements should be incentivized by the board to adhere to ISO 22301, ISO 31000, and the BCI Good Practice Guidelines (Ferguson, 2019). Boards should also be the leading voices to bring social and environmental sustainability practices to the

corporation, as is expected (Atwal, Dutler, Mattoo, & Wood, 2019). The 2016 King Committee Report empowered the board in other areas such as devising organizational reporting processes, communication strategies, environmental scanning for new business opportunities, and also in performance driven executive compensation (Institute of Directors SA, 2016; Moloi & Adelowotan, 2016). In this same spirit, the National Association of Corporate Directors, USA, highlights that communication barriers between the board and the senior management is a primary factor in the corporation not being able to leverage the resources available with the directors (Roy, Roy, & Bouchard, 2017).

The Institute of Directors, UK, too have begun reflecting more on changing the cultural assumptions that lead the board's actions. The advocacy is to move beyond the single loop reflexivity stemming from shareholder orientation to the double loop reflexivity needed for responsibility to the broader groups of stakeholders (Veldman & Willmott, 2016). The social capital needed for changing cultural assumptions demands a more diverse composition of the board and the US National Association of Corporate Directors has become a proponent of this (Booth-Bell, 2008). The European Corporate Governance Institute acknowledges that concentrated equity ownership is not the future and that boards' compositions and actions reflect this shift (Rojas, 2017). In other words, while discussing the effectiveness of strategic leadership of the board, the importance of the social-cultural underlying control cannot be neglected. Evans (2014) has offered a thorough review of previous research on cultural dimensions within the boardroom. This author highlights the importance of understanding the history of cultural research as a precondition for applying it to the boardroom environment.

### **5.Strategizing from the Board's Perspective**

Corporate governance codes make recommendations about the board's role in strategy, such as reviewing and guiding corporate strategy (OECD, 2015). However, they fail to specify in what kind of activities of the strategic process should the board be directly involved. Although many corporate governance scholars agree that boards should contribute to strategy, the role of boards in strategy formulation and implementation has remained mostly unexplored in corporate governance literature (Brauer & Schmidt, 2008; Hopt, 2019). As stated in Ingley and Van der Walt (2001), while there is a slowly gathering convergence on the view that boards do have a definite responsibility and a key role play in corporate strategy, there is no consensus on the extent or nature of that role. The authors point out that there is a global call for a strategic contribution by

the board. While this may be readily accepted, the key issue relates to how such a contribution can be made (Ingley & Van der Walt, 2001).

As presented by Banzato and Volpp (2016) the board should be involved in the following stages of strategic decision: (1) evaluation of strategic alternatives; (2) evaluation of strategic outcomes; (3) generating strategic alternatives; (4) selecting strategic alternatives; and (5) implementing strategies.

According to Ferguson (2019), the majority of corporate governance literature assigns board members a role in strategy formulation and implementation. The strategy formulating stage consists of multiple tasks, such as internal and external analyses of strengths and weaknesses, as well as strategic gaps, development of strategic options and advising the executive management in the final selection and formulation of a corporate strategy. Brauer and Schmidt (2008) indicate that the outcome of strategy formulation is the firm's intended strategy. In contrast, the authors argue that the role of the boards in strategy implementation has remained largely limited to ensure that the intended corporate strategy is in fact realized. For them, boards should intervene if intended strategy goes off track. The authors conclude that board members' involvement in strategy implementation is a precondition to perform their fiduciary monitoring duties. They can only fulfill legal requirements if they have a clear understanding of how management implements the intended corporate strategy the board had previously approved (Brauer & Schmidt, 2008; Shaukat, Qiu, & Trojanowski, 2016).

Hendry, Kiel and Nicholson (2009) introduced a different approach in the discussion about the board's involvement in the strategic process. For them, strategy is something that people in organizations do rather than something that organizations have. The authors define strategizing practices as “a flow of activities carried out by individuals or groups within traditional organizational processes such as planning, decision-making, resource allocation, and strategic change” (Hendry et al., 2009, p. 4). According to this perspective, boards assume different strategizing practices. If strategy is the emergent outcome of other organizational practices, a question to be discussed further is, whether boards could strategize without becoming a participant in these organizational processes.

Hendry et al (2009) propose two general categories to analyze the way in which boards perform different strategic tasks: (1) procedural strategizing; and (2) interactive strategizing. For the authors procedural strategizing relies on formal administrative activities or events such as strategic

plans, planning committees, planning cycles, trend analyses, budgets, forecasts, quarterly reviews and performance targets to influence the development and execution of strategy in organizations. Procedural strategizing focuses strongly on a set of performance indicators to monitor strategic outcomes (Hendry et al., 2009).

On the other hand, for the authors interactive strategizing involves direct, face-to-face interaction between board members and senior management in order to influence the development and execution of strategy in organizations. According to Hendry et al (2009), this practice enables board members and managers to argue for their own interpretations of strategy as well as to negotiate these interpretations with others in the organization. It relies on ongoing social exchanges in which individuals or groups communicate, persuade and negotiates, continuously building shared frameworks of meaning about strategy in order to influence each other's behavior (Hendry et al., 2009).

Based on the above, it could be concluded that procedural strategizing is the preferred practice when the board favors maintaining the current strategy whereas interactive strategizing is preferred when boards favor a change in strategy.

## **6. Typologies of Board Involvement in Strategy**

Based on the criteria presented in the previous section, Hendry et al (2009) developed a typology regarding the way in which boards strategize which is presented as follows:

- (a) Minimalist strategizing:** It represents minor strategic involvement on the part of boards. In this type, the board's strategic stance is neutral or favors the status quo. Neither administrative strategizing, procedures nor face-to-face collaborative mechanisms aimed at generating shared frameworks of meaning about strategy are established to any meaningful degree at board level (Hendry et al., 2009).
- (b) Oversight strategizing:** Strategy typically has a real or perceived history of success and the board favors the status quo. The board focus is on monitoring the execution of the agreed strategy and reacting to management's strategic proposals rather than collaborating strategy development. It is generally accompanied by a power imbalance board and management is limited, formal and episodic.
- (c) Transformational strategizing:** Involves board and management developing, in close collaboration, an entirely new strategic direction or substantive changes to current

strategies. The board clearly favors strategic change. It is generally accompanied by a power imbalance in favor of the board (Hendry et al., 2009).

- (d) Continuous strategizing:** Involves board and management working together in close and continuous collaboration to renew or adapt strategic direction and to monitor the implementation of that direction closely. It is characterized by board commitment to extensive and ongoing strategic involvement with management embedded within a formalized, administrative framework that facilitates this involvement. Power distribution is reciprocal (Hendry et al., 2009).

Bailey and Peck (2013) developed another typology regarding the involvement of boards of directors in making strategic decisions, based on two different criteria: procedural rationality and political behavior. They propose four types of boards, which are described as follows:

- (a) Engaged boards:** Members of these boards demonstrate a strong involvement in the strategic decision primarily by the attributes of the process utilized to reach a collective decision. Rather than ceasing board deliberations when there is majority support for a particular position, these boards tend to work issues until all board members are at least comfortable with the final decision of the board. Deliberations around strategic decisions include open discussions, vigorous debates, and analysis of alternatives (Bailey & Peck, 2013).
- (b) Contested boards:** Members of these boards tend to exhibit decision-making characteristics associated with highly political processes, such as behind-the-scenes coalition building, off-line lobbying, withholding of information, attempting to change decision positions through private cooptation, and controlling agendas. Members of these boards are less interested in achieving a consensus on each decision and tend to arrive at an effective board-level strategic decision using a majority vote (Bailey & Peck, 2013).
- (c) Adaptive boards:** While the majority of directors identify with the overall success of the company, a small minority of directors align themselves with narrower interests such as a class of shareholders or employees. Boards tend to bring strategic decisions to closure once it is clear there is majority support amongst the board members for a decision. However, the majority position is determined through a procedurally rational process, and instead of

muting the voice of board members who represent divergent interests (Bailey & Peck, 2013).

**(d) Caretaker boards:** These boards are a legal necessity, incapable of exercising decision-making power and therefore not particularly relevant to the strategic decision-making process (Bailey & Peck, 2013).

It may be noted that these typologies may not have ontological values of their own. These are neither exclusive nor mutually exhaustive. However, these typologies will help us understand the key perspectives that inform the origins, processes, and outcomes of strategic leadership exercised by the board of directors.

## 7. Discussion

The board of directors is a primary source of strategic leadership, whether it is duly recognized or not. Tapping into the intent of the board is very important for the CEO to align the organization in the right direction. Research by Ingley and Van der Walt (2001) highlights the generally held assumption that setting strategic direction has been traditionally the territory of the chief executive officer and the senior management team. According to the authors, in merely approving strategic plans formulated by management and monitoring their execution, to adopting a leadership role in setting the strategic course for the organization along with accountability for its performance (Ingley & Van der Walt, 2001).

Previous literature placed too much emphasis on the supervisory function of the board of directors derived from the preponderance of the agency theory (Ruigrok, Peck, & Keller, 2006); however, the discussion about the role played by the board of directors in strategy formulation is an issue that has been gaining increasing relevance, particularly after the financial crisis of 2008 - 2009. Proof of this has been the incorporation into national legislation and voluntary codes of corporate governance of this function as part of the essential tasks of the board of directors.

For instance, in Spain the 2010 law on public traded companies included the determination of the general policies and strategies of the company as a non-delegable function of the board of directors (BOE, 2010). In the amendments made to the law in 2014, a text was included that specifically emphasizes the approval of the strategic plan, its operational plans and budgets (BOE, 2014) as a non-delegable duty of the board. Similarly, in Switzerland the setting of the strategic direction of corporations is a legal responsibility of the board (Ruigrok et al., 2006). Like other

countries in Latin America, in Guatemala the banking supervisory board approved in 2016 the corporate governance regulation for banks and financial groups, which included the specific responsibility of the board to approve strategic operations (SIB, 2016).

Ravasi and Zattoni (2006) point out that at the theoretical level there are two approaches to the involvement of the board of directors in strategy. On the one hand, there is the agency theory perspective through which the role of the board of directors in the strategic involvement is limited to prevent decision that may contravene the interests of shareholders. On the other hand, the authors points out, there is a strategic option approach whereby it is emphasized how the members of the board can actively contribute to the strategy. Following this line of thought, Ingley and Van der Walt (2010) propose at least three types of board participation in strategy that could be adopted along a scale of involvement; at one extreme would be the traditional role of approval and monitoring of the strategy prepared by the CEO; while in the other extreme would be the active leadership of the board in the strategic formulation and its derived plans. The third option would be somewhere in between.

Heracleous (1999) points out that boards of directors in general are not actively involved in strategy formulation, and usually try to avoid confirmation with management regarding strategy. But, as stated by Ingley and Van der Walt (2001) how can directors approve a strategy a strategy as the most appropriate for the company if they have not been involved in its formulation? Thus, strategy is a delicate area, because if the lines are not clearly drawn, the board can overstep its responsibility and interfere with the efficient management of the company. On the other hand, if the board does not participate as an equal partner with management in setting the strategy, it is helping to put that company at risk (Ingley & van der Walt, 2001).

According to Hendry et al (2009), limited board involvement in strategy has frequently been attributed to powerful CEOs exercising a constraining effect over boards. The authors also point out that collaboration between boards and management on strategy has been associated with social ties between the two groups, a two groups, a situation that is likely to be characterized by mutual trust and a reciprocal distribution of power (Hendry et al., 2009).

Several studies have shown that boards have been rather passive and subject to CEOs and executive dominance. On the other hand, scholars have shown that boards are becoming more actively involved in strategy. Boards have affected important elements of strategies, such as the scope of the firm entrepreneurs and innovation (Pugliese et al., 2009).

Ruigrok et al (2006) have found empirical evidence between a good organizational performance and the involvement of the board of directors in the strategic process. In this regard, the authors point out that there are many benefits of active involvement of the board of directors in the strategic process. Given that managers must exercise their functions with diligence, the strategic formulation process allows them to be fully informed of the strategic direction of the organization. It lets them internalize the strategy (Pitelis & Wagner, 2019). In the same way, their active involvement in the strategy is an adequate way to take advantage of their experience and knowledge. Finally, the authors conclude that when there is a high level of involvement of board members in the strategic formulation, executives are much more careful in preparing their strategic proposals while improving the monitoring and evaluation process (Ruigrok et al., 2006).

Research by Atkinson et al (2012) show that the provision of resources by boards in strategy development and execution has a greater potential to impact firm performance than does monitoring the firm's success in achieving its chosen strategy. The authors found a significant positive relation between boards that are more involved in developing and monitoring strategy and firm performance (Atkinson et al., 2012).

In the same line of thought Ingley and Van der Walt (2001) points out that board of directors will evolve into a sort of think tank, with directors who are experts in key areas putting their stamp on aspects of corporate strategy.

## **8. Conclusion**

Recent research indicates that there is a growing demand worldwide for greater involvement of the board of directors in strategy formulation and implementation, particularly after the 2008-2009 global financial crisis (Booth-Bell, 2018; Garg & Eisenhardt, 2017; Shaukat et al., 2016; Rojas, 2017). Current changes to national legislation and voluntary codes of corporate governance have reinforced the importance of the board being fully involved in the formulation and oversight of the main strategies of the organization, as a fundamental aspect to fulfill its basic duties to the shareholders. Several empirical studies have proven the benefits for companies whose boards have been involved in the process of strategy formulation, beyond their mere formal approval and subsequent monitoring functions (Ferguson, 2019; Hillman et al., 2019; Hopt, 2019; Veldman & Willmott, 2016).

Large corporations have boards filled with highly visionary minds whose ideas, while being contrasted against the charisma of their multimillion-dollar salaried CEOs, are redundant. It is in

small corporations the CEOs and the top management needs the leadership of their boards, but the boards are often dysfunctional in such systems (Dady, Mc Dougall, Covin, & Dalton, 2002). The conceptualization of the board as a breeding ground for retired minds, killing time over coffees and small talks, has discouraged more active individuals from serving on boards. The advocacy and activism of the board to provide leadership intent and insights to the CEOs has been a driver of positive change in this regard. It remains to be seen how CEOs with their independent minds who want to make their own individual imprints in their organizations would interpret the boards actively providing leadership lessons. The boards were always expected to provide leadership, but the style used to be leadership by exception: provide guidance only when a clear derailment of purpose is observed.

This paper has highlighted the influence that agency theory has had on the behaviors adopted by the boards for more than four decades. Recent studies show a departure from the theory of agency towards stewardship theory, according to which the role of boards is to actively collaborate with managers in the strategy formulation of two typologies that relate the level of involvement of boards in strategic leadership processes. Despite the theoretical limitations that these typologies may have, these will serve as the basis for new empirical research in corporate governance and strategic leadership.

## References

- Atkinson, A., Kochetova-Kozloski, N., & Webb, R. (2012, January 14). Strategic performance information and Canadian board involvement in strategy related issues: A field study. (CAAA Annual Conference 2012 Proceedings)
- Atwal, N., Butler, M., Matto, D., & Wood, M. (2019). Can there be a universal framework of good governance? *Governing Higher Education Today: international Perspectives*, 140 – 147.
- Babelyte, -Labanauske, K., & Kriaciaunas, A. (2018, July). Edith Penrose and Jeffrey Pfeffer and Gerald J. Salancik: Is there room for complementarity? (Academy of Management Proceedings No. 1, p. 15702). Birrcliff Manor, NY: Academy of Management.
- Bailey, B., & Peck, S. (2013). Boardroom strategic decision-making style: Understanding the Antecedents. *Corporate Governance: An International Review*, 21(2), 138-146.
- Bainbridge, S. (2015). The board of directors. In J. Gordon, & W. Ringe (Eds.). *The Oxford handbook of corporate law and governance*. Oxford: Oxford Handbooks Online.

- Banzatto, C., & Volpp, J. (2016). Implications of theory and research on strategic leadership: A critical review. *Revista Ibero-Americana de Estrategia*, 15(3), 119 -131.
- BOE, (2010). Real Decreto Legislativo 1/2010. Ley de Sociedades de Capital España.  
Retrieved from: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2010/BOE-A-2010-10544-consolidado>
- Booth-Bell, D. (2018). Social capital as a new board diversity rationale for enhanced corporate governance. *Corporate Governance: The International Journal of Business in Society*, 18(3), 425 – 439.
- Brauer, M., & Schmidt, S. (2008). Defining the role of boards and measuring their effectiveness. *Corporation Governance: The International Journal of Business*, 8(5), 649-660.
- Du Plessis, J. J., Hargrovan, A., & Harris, J. (2018). Principles of contemporary corporate governance. Cambridge: Cambridge University Press.
- Evans, G. L. (2014). A mega review of cultural studies: Linking leadership to corporate governance. *The Poznan University of Economics Review*, 14 (10, 76).
- Ferguson, C. S. (2019). Assessing the KING IV Corporate Governance Report in relation to business continuity and resilience. *Journal of Business Continuity and Emergency Planning*, 13(2), 174-185.
- Hendry, K., Kiel, G., & Nicholson, G. (2009). How boards strategize: A strategy as practice view. *Long Range Planning*, 43(1), 33-56. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.09.005>
- Heracleous, L. (1999). The board of directors as leaders of the organization. *Corporate Governance. An International Review*, 7(3), 28-29. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/1467-8683.00157>
- Hillman, A. J., Withers, M. C., & Collins, B. J. (2009). Resource dependence theory: A review. *Journal of Management*, 35(6), 1404-1427.
- Hopt, K. J. (2019). Comparative company law 2018. European Corporate Governance Institute-Law Working Paper, (460), 1-75.
- Ingle, C., & Van der Walt, N. (2010). The strategic board: The changing role of directors in developing and maintaining corporate capability: *Corporate Governance*, 9(3), 15-23.
- Institute of Directors, (2016). King report on corporate governance for South Africa, Johannesburg: IOD.

- Lassier, R., & Achua, C. (2010). *Leadership, theory, applications and skill development* (4<sup>th</sup> ed.). Mason, OH: South-Western.
- OECD, (2015). *G.20/OECD principles of corporate governance*. Paris: OECD Publishing.
- Panda, B., and Leepsa, N. M. (2017). Agency theory: Review of theory and evidence on problems and perspectives. *Indian Journal of Corporate Governance*, 10(1), 74-95.
- Pugliese, A., Bezemer, P. J., Zattoni, A., Huse, M., Van den Bosch, F. A, & Volberda, H. W. (2009). Boards of directors' contribution to strategy: A literature review and research agenda. *Corporate Governance : An International Review*, 17(3), 292-306.
- Ravasi, d., & Zattoni, A. (2006). Exploring the political side of board involvement in strategy: A Study of mixed-ownership institutions. *Journal of Management Studies*, 43(8), 1671-1702.

## **DEVELOPING THE OTTOMAN HERITAGE RAILWAY STATIONS IN JORDAN (UMM AL-HEIRAN STATION AS A MODEL)**

**Tahreer FAROUK**

Greater Amman Municipality – Department of Development Unit Amman – Jordan

### **Abstract**

Ottoman railway stations are considered significant historical landmarks that reflect a pivotal era in the development of infrastructure and transportation in the Arab region. Umm Al-Heiran Station, located south of the Jordanian capital Amman, is one of the main stations established as part of the Hejaz Railway project in the early 20th century. This project aimed to connect Damascus to Medina, passing through Jordanian territory. Despite the deterioration that has affected this station and other historical stations, it still retains its architectural and cultural value, making it a strong candidate for adaptive reuse within the framework of heritage and cultural tourism.

The rehabilitation of Ottoman railway stations—foremost among them Umm Al-Hiran—represents a strategic opportunity to enhance the tourism sector in Jordan, especially amid growing global interest in history- and heritage-based tourism. The importance of this type of development lies in its ability to achieve multiple objectives, most notably the preservation of historical heritage on one hand, and the stimulation of the local economy on the other, through the creation of direct and indirect job opportunities, attraction of tourism investment, and diversification of national tourism products.

Umm Al-Heiran Station stands as a crossroads between the past and the future. On one hand, it bears witness to the Ottoman architectural and engineering character that distinguishes the Hejaz Railway, and on the other hand, it has the potential to be transformed into an integrated tourist destination serving both local and international visitors. The station can be developed through precise restoration processes that preserve the authenticity of the site, alongside the addition of service facilities and an interactive visitor center showcasing the history of the railway and its function within the Ottoman and regional context. The station could also be included in a tourist route encompassing other stations along the railway line, contributing to the revival of an integrated historical network.

The benefits of this project are not limited to the tourism sector alone but also extend to economic and social aspects. The development of the station is expected to revitalize the surrounding local community by supporting small industries and traditional crafts, and by raising awareness about the value of tangible and intangible heritage. Furthermore, the project could serve as a model for sustainable development that balances heritage preservation with economic growth.

Despite the importance of this approach, several challenges must be addressed, such as limited funding, the need for qualified personnel to restore heritage sites, and the importance of establishing a legal and administrative framework that regulates investment in historical sites without compromising their authentic value. Moreover, the success of such projects depends on public-private sector partnerships and the active involvement of the local community in all stages of planning and implementation.

In conclusion, Umm Al-Heiran Station represents a promising opportunity to reconnect the present with the past through a development project that takes into account historical, economic, and tourism dimensions simultaneously. Transforming this neglected site into a cultural and tourist attraction requires a clear vision, institutional will, and integrated planning that considers heritage not just as historical remnants, but as a sustainable economic resource.

**Keywords:** Heritage, Antiquities, Tourism, Economy, Development

## THE STATUS OF INDONESIA'S ECONOMIC RESILIENCE AMID GLOBAL TURMOIL: MACROECONOMIC ANALYSIS AND FUTURE PROSPECTS

**Athaya CANDRAKANTA**

State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and  
Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0007-0823-5866

**Alena ADELIA**

State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and  
Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0007-8063-7069

**Avidah Sirley SALSABILA**

State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and  
Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-9088-4708

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** Indonesia's economic resilience faces significant challenges due to global uncertainty, including commodity price fluctuations, currency depreciation, and geopolitical dynamics. This study aims to analyze the resilience status of Indonesia's economy through macroeconomic perspectives and assess its medium-term growth prospects.

**Materials and Methods:** This research employs a descriptive-analytical approach using secondary data from Statistics Indonesia (BPS), Bank Indonesia, and international financial reports. Key variables analyzed include Gross Domestic Product (GDP) growth, inflation, exchange rate, trade balance, and foreign direct investment.

**Results:** The findings indicate that despite external pressures, Indonesia's main macroeconomic indicators remain relatively stable. GDP growth is around 5%, inflation is maintained below 4%, and the trade balance shows a consistent surplus. However, vulnerabilities persist in capital outflows and reliance on imported raw materials.

**Discussion and Conclusion:** The discussion highlights that Indonesia's economic resilience is supported by strong domestic consumption and diversified export markets. Nevertheless, long-term strategies are needed to strengthen domestic industries, expand renewable energy bases, and enhance fiscal stability. In conclusion, while relatively resilient, Indonesia's economy requires continuous structural reforms to withstand increasingly complex global challenges.

**Key Words:** Economic Resilience; GDP; Inflation; Trade Balance; Prospects

## TRENDS OF ESG (ENVIRONMENTAL, SOCIAL, GOVERNANCE) IN ISLAMIC INVESTMENT

**Avidah Sirley SALSABILA**

State Islamic University KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-9088-4708

**Alena ADELIA**

State Islamic University KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0007-8063-7069

**Athaya CANDRAKANTA**

State Islamic University KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0007-0823-5866

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** Environmental, Social, and Governance (ESG) principles are gaining global attention as a sustainability standard in investment practices. In the context of Islamic economics, ESG concepts align with maqasid al-shariah and the principles of justice, ethics, and sustainability. This study aims to analyze the emerging trends of ESG in Islamic investments and identify the relevance, opportunities, and challenges of its integration within the Islamic financial industry.

**Materials and Methods:** This research employs a qualitative approach through an extensive literature review. The sources include academic journals, regulatory reports, Islamic capital market policies, and ESG practices in Islamic financial institutions. Data were analyzed descriptively to evaluate the implementation, prospects, and barriers to applying ESG in sharia-based investments.

**Results:** The findings indicate that the application of ESG in Islamic investments is increasing, particularly through instruments such as green sukuk, sustainable Islamic mutual funds, and ethically based investments. ESG strengthens the added value of Islamic investment by emphasizing social responsibility, environmental protection, and good governance. Additionally, interest among young investors in sustainable sharia-compliant instruments continues to grow.

**Discussion and Conclusion:** Despite its promising potential, the implementation of ESG in Islamic investments still faces several challenges, including limited regulations, non-uniform reporting standards, and low literacy levels. Collaboration among regulators, investors, and Islamic financial institutions is necessary to strengthen ESG integration strategically. With proper policy support and education, ESG can become a key driver in transforming Islamic investments toward sustainability and inclusivity.

**Keywords;** ESG, Islamic Investment, Sustainability, Green Sukuk, Ethical Governance, Islamic Economics

## BLOCKCHAIN & ISLAMIC ECONOMICS: TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES FOR TRANSPARENT AND FAIR ISLAMIC FINANCE

**Windi Rizki FEBRIANINGTYAS**

State Islamic University K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Islamic banking, Faculty of Islamic  
Economics and Business, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0005-2041-0933

**Widia Reza VALENTINA**

State Islamic University K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Islamic banking, Faculty of Islamic  
Economics and Business, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0002-8789-6489

**Nala MAGHFIROH**

State Islamic University K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Islamic banking, Faculty of Islamic  
Economics and Business, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0009-0480-8553

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** The development of digital technology, especially blockchain, has opened up new opportunities in the global financial system, including in the application of Islamic economics. The basic principles of Islamic finance that emphasize transparency, fairness, and trust are closely aligned with the characteristics of blockchains based on decentralized systems and immutable ledgers. This research aims to explore the potential implementation of blockchain in Islamic finance as well as assess the opportunities and challenges that arise to realize a fairer and more efficient financial system.

**Materials and Methods:** This study uses a qualitative approach through library research by examining the latest literature, industry reports, regulations, and case studies of the application of blockchain in the Islamic financial system. The analysis was carried out in a descriptive-analytical manner to identify the relevance of sharia principles to blockchain features.

**Results:** The results of the study show that blockchain has significant potential in strengthening Islamic finance through transaction transparency, reduced operational costs, and increased accessibility for the unbanked community. This technology is also able to support the implementation of smart contract-based sharia contracts, which allow transactions according to contracts without intermediaries. However, there are challenges in the form of regulations, digital infrastructure readiness, and limited public literacy related to new technologies.

**Discussion and Conclusion:** The application of blockchain in the Islamic economy has the potential to be an innovative solution to increase the trust and efficiency of the Islamic financial system. With its transparent nature, blockchain can reduce the practice of gharar (uncertainty) and prevent potential misappropriation of funds. In addition, the integration of blockchain with Islamic financial instruments such as zakat, waqf, and sukuk can create a more inclusive and equitable financial ecosystem. However, synergy is needed between regulators, Islamic financial institutions, and technology developers so that the use of blockchain remains in accordance with maqasidal-sharia. Blockchain has a great opportunity to become a key pillar in strengthening transparent and fair Islamic finance. Although implementation challenges still exist, the use of this technology can improve financial inclusion, transaction efficiency, and public trust. Adaptive regulations and increasing people's digital literacy are needed so that blockchain can be optimally implemented within the framework of the Islamic economy.

**Key Words:** Blockchain, Islamic Economics, Islamic Finance, Transparency, Smart Contracts

## DO ASPIRATIVE DRAINS REDUCE SURGERY INFECTIONS? WHAT WE KNOW AND THINK

**Ervin NEPRAVISHTA**

Department of Orthopedics and Traumatology, Trauma University Hospital, Tirana, Albania;

**Dariel THERESKA**

Department of General Surgery, Faculty of Medicine, University of Medicine, Tirana, Albania

**Eris NEPRAVISHTA**

Department of Medical Sciences, Aleksandër Moisiu University, Durrës, Albania

**Ervin TOÇI**

Department of Public Health, Faculty of Medicine, University of Medicine, Tirana, Albania

**Tahir ÇELA**

Department of Orthopedics and Traumatology, Trauma University Hospital, Tirana, Albania

### Abstract

#### Background:

Surgical site infections (SSIs) remain a leading cause of postoperative morbidity and healthcare costs worldwide, despite advances in aseptic technique and perioperative management. The use of aspirative (closed-suction) drains as a preventive measure against SSIs remains controversial, with conflicting evidence regarding their benefits and risks.

#### Objective:

This study aimed to evaluate healthcare professionals' perceptions of aspirative drain use in relation to SSI risk and to explore how these beliefs influence antibiotic prophylaxis practices.

#### Methods:

A descriptive cross-sectional survey was conducted among 88 healthcare professionals at the Trauma University Hospital in Tirana, Albania, during October 2023. A structured, anonymous questionnaire assessed demographic data, professional experience, and opinions on the relationship between drain use and SSI risk, as well as attitudes toward prolonged antibiotic prophylaxis due to drain usage. Data were analyzed using descriptive statistics and chi-square tests.

#### Results:

Among 86 valid responses, 43% of participants believed that aspirative drains increase SSI risk. This perception was more common among less experienced clinicians (56.5% with <10 years of experience vs. 30.0% with >20 years). The trend was not statistically significant ( $p = 0.1448$ ), but revealed generational differences in perception. Younger professionals were shown to be more likely to favor prolonged antibiotic use due to drain usage ( $p = 0.0006$ ).

**Conclusion:**

Despite limited evidence linking aspirative drains to increased SSI rates, many healthcare professionals—especially less experienced ones—perceive them as infection risk factors and consequently support prolonged antibiotic use. These findings emphasizing the need for targeted education, adherence to international guidelines, and protocol standardization to promote rational drain use and antimicrobial stewardship.

**Keywords:** surgical site infection, aspirative drain, suction drainage, antibiotic prophylaxis, infection prevention, perception study

## SUSTAINABLE REMOVAL OF TETRACYCLINE FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING ZINC OXIDE NANOPARTICLES -MODIFIED *ALBIZIA LEBBECK*

Adeniyi Florence JESUKEMI

Department of Chemistry, University of Ibadan, Oyo State, Nigeria

### Abstract

The presence of pharmaceutical contaminants in the environment has been reported, and it poses a significant environmental and health risk. Amongst these contaminants is tetracycline (TC) which is used in veterinary medicine and in hospitals. Several adsorbents have been used for the removal of TC from aqueous media but with some drawbacks. This study therefore aimed to explore the sustainable removal of TC from aqueous solutions using *Albizia lebbbeck* pods modified with zinc oxide nanoparticles. The modified adsorbents were synthesized via co-precipitation and characterized using FTIR, SEM-EDS, XRD, and BET analysis. The effects of pH, contact time, adsorbent dosage, and initial TC concentration on adsorption performance were evaluated. The results showed that the modified adsorbents achieved a maximum TC removal efficiency of 99% TC under optimal conditions. 0.1 g of modified *Albizia lebbbeck* at pH 5.5 and contact time of 60 minutes yielded a maximum sorption capacity of 9.765 mg/g. Adsorption isotherms and kinetic studies revealed that the process followed Freundlich models, indicating heterogeneous surface binding, and pseudo-second-order kinetics, suggesting chemisorption as the dominant mechanism. The maximum adsorption capacity of the modified adsorbents exceeded previously reported values for similar biosorbents. This study demonstrates the potential of zinc oxide nanoparticles -modified *Albizia lebbbeck* as a sustainable, eco-friendly, and cost-effective solution for removing TC from contaminated water, with implications for wastewater treatment systems.

**Keywords:** Tetracycline, *Albizia lebbbeck*, zinc oxide nanoparticles, wastewater treatment, sustainable remediation

## ARTEMETHER İLE TEDAVİ EDİLEN WISTAR SIÇANLARINDA QUERCETIN'IN DIŞI ÜREME HORMONLARI VE ORGANLARI ÜZERİNDEKİ İYİLEŞTİRİCİ ETKİSİ

**Helen Oluwanifemi OMONIYI**

College of Health Sciences, Department of Physiology, Osun State University,  
Osogbo, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0003-5812-3011

**Anuoluwapo Blessing AKANO**

Faculty of Management and Social Sciences, Department of Social Management, Osun State University,  
Okuku, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0005-0490-8774

**Comfort Omolola OYEBAMIJI**

Faculty of Education, Department of Educational Management, Osun State University,  
Ipetu-Ijesa, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0006-1565-9758

### Özet

Bu çalışmada, artemeter kaynaklı üreme toksisitesine maruz bırakılan dişi Wistar sıçanlarının üreme hormonları ve organları üzerinde kuersetinin iyileştirici potansiyeli araştırılmıştır. Yaygın olarak kullanılan bir sıtma önleyici ilaç olan artemeter, oksidatif stres ve bozulmuş üreme fonksiyonu ile ilişkilendirilmiştir; güçlü bir doğal antioksidan olan kuersetinin ise hücrel ve hormonal bozulmalara karşı koruyucu etkilere sahip olduğu bilinmektedir. 100-150 gr ağırlığındaki kırk yetişkin dişi Wistar sıçanı rastgele beş gruba ayrılmıştır (grup başına n=8). Grup 1 kontrol olarak kullanılmış ve normal salin almıştır; Grup 2'ye 0,2 ml/kg artemeter uygulanmıştır; Grup 3'e 0,2 ml/kg artemeter ile birlikte 0,5 ml/kg artemeter verilmiştir; Grup 4'e 0,2 ml/kg artemeter ile birlikte 1,0 ml/kg kuersetin verilmiş, Grup 5'e ise sadece 1,0 ml/kg kuersetin verilmiştir. Artemether üç gün boyunca intramusküler olarak uygulanırken, kuersetin aynı süre boyunca kanül kullanılarak oral yoldan uygulandı. Tedaviden sonra hayvanlar sakrifiye edildi ve hormonal analiz için kan örnekleri alındı. Serum östradiol, progesteron ve prolaktin düzeyleri enzim bağlı immünosorbent testi (ELISA) yöntemi kullanılarak belirlenirken, üreme organları (yumurtalıklar ve uterus) çıkarıldı ve tartıldı. Sonuçlar artemether uygulamasının ortalama vücut ve organ ağırlıklarında hafif azalmalara ve serum östradiol düzeylerinde anlamlı düşüslere yol açtığını ( $p<0,05$ ) ve yumurtalık fonksiyonu üzerinde olumsuz bir etkiye işaret ettiğini gösterdi. Özellikle yüksek dozlarda kuersetin ile birlikte uygulanması, yumurtalık ve uterus ağırlıklarında belirgin iyileşme sağladı ve östradiol düzeylerini normal değerlere döndürdü; bu da koruyucu ve antioksidan potansiyelini gösterdi. Ancak, tedavi grupları arasında serum progesteron ve prolaktin konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi. Bulgular, kuersetinin,

muhtemelen antioksidan ve hormon düzenleyici mekanizmaları aracılığıyla yumurtalık fonksiyonunu artırarak ve östrojen salgısını dengeleyerek artemeterin zararlı üreme etkilerini hafiflettiğini göstermektedir. Sonuç olarak, kuersetinin dişi sıçanlarda artemeter kaynaklı üreme toksisitesine karşı iyileştirici bir etkisi vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Artemether, Kersetin, Dişi üreme organları, Dişi üreme hormonları

## THE SIGNIFICANCE OF *Trichuris ovis* IN THE PATHOLOGY OF SHEEP

**Academician Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ**

Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia

**ORCID ID:** 0000-0003-4751-6760

**Prof. Dr. Jovan BOJKOVSKI**

Faculty of Veterinary Medicine, University in Belgrade, Belgrade, Serbia,

**ORCID ID:** 0000-0001-7097-2559

**Dr. Aleksandra TASIĆ**

Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia

**ORCID ID:** 0000-0002-8361-5697

### ABSTRACT

Sheep play an important role in Serbia in providing animal protein for diet, especially for those people who live in village at mountains part of this area. Sheep are milked and they produce the bulk milk supply, together with a large proportion of the meat that is consumed. Way of breeding usually at shepeng had prerequisite to a lot of infections including parasitoses. They are usually kept under extensive conditions and graze or brows on any land that is not being cultivated. After harvesting, the animals are turned onto wheat and barley stubble from which they obtained nourishment. Pasture breeding make possible contact within sheep and eggs, larvae stages and intermediate host of parasites. One of them is trichurosis caused by nematode *Trichuris ovis*, commonly known as a whipworm. The larvae develop to third stage inside the eggshell. When the dung pellet becomes moist and disintegrates, the larvae (still in the egg shell) are released onto the soil surface. Stock grazing close to the soil surface ingests the larvae contained within the eggshell. They are very resistant to desiccation and freezing. Like all whipworms, *T. ovis* primarily inhabit the host's cecum. However, sheep and goats are rather resistant to the parasite infection and often do not experience many symptoms. If the host is heavily infected, a large portion of the blood vessels located in the cecal wall will be consumed. This eventually results in the thickening of the wall, thus preventing that region of the large intestine from absorbing fluids causing the host to have diarrhea. This can be extremely detrimental for the host during a drought. Although sheep and goats are relatively resistant to them, *T. ovis* is one of the most common nematode parasites, and many of the aforementioned hosts are infected by this species of whipworm.

**Anahtar kelimeler:** *Trichuris ovis*, sheep, pathology

## FROM SALICYLIC ACID TO FUNCTIONAL N-ACYLHYDRAZONES: COST-EFFECTIVE SYNTHESIS AND CORROSION INHIBITION POTENTIAL

**Yahya BOUBEKRI**

Applied Chemistry and Biology Laboratory for the Environment (URL-CNRST 13), Molecular Chemistry and Bioactive Molecules Research Team, Moulay Ismail University, Faculty of Sciences – Meknes, Morocco

**Prof. Siham SLASSI**

Applied Chemistry and Biology Laboratory for the Environment (URL-CNRST 13), Molecular Chemistry and Bioactive Molecules Research Team, Moulay Ismail University, Faculty of Sciences – Meknes, Morocco

Laboratory of Engineering and Materials (LIMAT), Faculty of Sciences Ben M'sick, University Hassan II of Casablanca, Casablanca, Morocco

**Prof. Mohammed AARJANE**

Applied Chemistry and Biology Laboratory for the Environment (URL-CNRST 13), Molecular Chemistry and Bioactive Molecules Research Team, Moulay Ismail University, Faculty of Sciences – Meknes, Morocco

Laboratory of Organic Chemistry, Materials, Electrochemistry, and Environment, Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University, Casablanca, Morocco

**Prof. Amina AMINE**

Applied Chemistry and Biology Laboratory for the Environment (URL-CNRST 13), Molecular Chemistry and Bioactive Molecules Research Team, Moulay Ismail University, Faculty of Sciences – Meknes, Morocco

### ABSTRACT

Acylhydrazones represent a distinctive class of Schiff bases that have attracted considerable attention due to their wide range of applications. These compounds serve as valuable intermediates in organic synthesis and coordination chemistry. Notably, N-acylhydrazones act as key precursors for various heterocyclic frameworks and exhibit strong coordinating abilities with metal cations. Several N-acylhydrazones and their metal complexes have demonstrated remarkable sensitivity and selectivity toward specific metals, as well as significant bioactive properties in medicinal chemistry.

In this study, we report the synthesis and characterization of two N-acylhydrazones prepared through simple and cost-effective methods using salicylic acid as a starting material. The target molecules were obtained via condensation of hydrazide intermediates with different natural and/or synthetic aldehydes, affording the desired products in good yields. The synthesized compounds were subsequently evaluated for their anti-corrosive activities, highlighting their potential for practical applications.

**Keywords:** N-acylhydrazone; Salicylic acid; eco-friendly synthesis, corrosion inhibitors.

## ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS AND MULTIDRUG RESISTANCE AMONG INDIVIDUALS LIVING WITH HIV IN PORT HARCOURT, RIVERS STATE

Barine, B. M., Frank-Peterside, N., Okerentugba, P. O., Cookey, T. I., Awanye, A. M., Aaron, U. U.,  
Affia, G. A., Okonko, I. O.  
University of Port Harcourt, Choba, Rivers State, Nigeria.

### Abstract

Antimicrobial resistance (AMR) has, over the years, emerged as a growing threat to public health globally, yet region-specific surveillance records remain highly underreported. This study investigated the antibiotic resistance trends in 50 bacterial isolates recovered from 410 clinical samples of HIV reactive individuals across multiple sources in Port Harcourt, Rivers State. Standard microbiological and statistical methods were used, and results indicated predominant organisms, including *Escherichia coli* (42%), *Staphylococcus* spp. (32%), *Pseudomonas* spp. (10%), *Klebsiella* spp. (8%), and *Proteus* spp. (8%). Antibiotic susceptibility testing revealed alarmingly high resistance, with chi-square tests confirming significant variation across agents ( $\chi^2 = 177.48$ ,  $df = 14$ ,  $n = 750$ ,  $p < .001$ ). Resistance was most pronounced against ciprofloxacin ( $\geq 60\%$  resistant) and cephalosporins, while comparatively lower resistance was observed against meropenem ( $< 20\%$ ). Notably, 100% of isolates met the multidrug resistance (MDR) definition, spanning all sex categories (male = 22%, female = 78%), age groups (adults = 74%; children = 16%; adolescents = 6%; elderly = 4%), and clinical sources (wound swabs = 44%, HVS = 22%, urine = 14%, pleural fluid = 8%, others  $< 5\%$ ). Chi-square analyses showed no significant associations between MDR prevalence and sex ( $\chi^2 = 0.00$ ,  $df = 1$ ,  $n = 50$ ,  $p = 1.00$ ) or age group ( $\chi^2 = 0.90$ ,  $df = 3$ ,  $n = 50$ ,  $p = .825$ ), but organism distribution differed significantly ( $\chi^2 = 25.40$ ,  $4$ ,  $n = 50$ ,  $p < .001$ ). The findings suggest the urgent need for local antibiotic stewardship programs and continuous surveillance to mitigate MDR spread in Nigerian clinical settings, especially among people living with HIV.

**Keywords:** Antimicrobial resistance (AMR), Antibiotic susceptibility testing, HIV, Multidrug Resistance

## **CROP FAILURE DUE TO WATER SHORTAGES DURING THE PROLONGED DRY SEASON, CASE STUDY IN SARWODADI VILLAGE**

**Putri Anindi Nurul' AINI**

University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business,  
Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-628 4-7088

**Mega AULIA**

University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business,  
Departement of Sharia Banking, Central Java, Indonesia.

**ORCID ID:** 0009-0005-028 6-1490

**M.Tegar Abdillah AKBAR**

University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business,  
Departement Sharia Banking, Central Java

**ORCID ID:** 0009-0004-138 6-9685

**Rafiq Ibnu AGSO**

UniversityIslam of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Economics and Business,  
Departement Sharia Banking, Central Java

**ORCID ID:** 0009-0005-913 8-7144

### **Abstract**

The phenomenon of global climate change is increasingly evident through the rising frequency of prolonged droughts, which have had a serious impact on the agricultural sector. This study aims to analyze the effects of water shortages during prolonged dry seasons on agricultural productivity and crop failure in Sarwodadi Village. The research method employed a qualitative case study approach, including in-depth interviews with farmers, field observations, and secondary data analysis from the agricultural office. The findings indicate that limited water resources in Sarwodadi Village resulted in a significant decline in rice field productivity by up to 45% compared to normal seasons. Furthermore, most farmers suffered economic losses that directly affected household food security. The main aggravating factors included inadequate irrigation infrastructure, limited access to adaptive technologies, and the suboptimal role of government institutions in providing drought mitigation support. The study concludes that agricultural resilience at the village level strongly depends on sustainable water management systems and the adoption of appropriate adaptive technologies. Key recommendations include the development of village irrigation facilities, diversification of drought-resistant crops, and strengthening the role of farmer groups in climate risk management. These findings are expected to serve as policy considerations for enhancing agricultural resilience in facing the challenges of climate change in rural areas.

**Keywords:** crop failure, drought, climate change, food security, Sarwodadi Village

## **ECONOMIC TRANSFORMATION OF ASEAN TRADE IN THE ERA OF GLOBALIZATION: POLICY HARMONIZATION AND MARKET INTEGRATION**

**Putri Amelia ANDINI**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Islamic Economics  
and Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0006-5596-0721

**Juhaida VALDA**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Islamic Economics  
and Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0004-1215-2906

**Fida Putri NAINAWA**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Islamic Economics  
and Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-9993-5209

### **ABSTRACT**

#### **Introduction and Purpose:**

The acceleration of economic globalization has positioned ASEAN as one of the most dynamic regional blocs in the world, with trade integration becoming a central agenda for sustainable growth. Nevertheless, regulatory disparities, uneven competitiveness among member states, and the persistent need for an inclusive trade system remain major obstacles in achieving the vision of a single ASEAN market. In addition, rapid technological advancement demands greater digitalization in trade and finance, which has the potential to reshape regional competitiveness. This study aims to examine the extent to which policy harmonization and market integration can strengthen ASEAN's economic connectivity, while also assessing the role of digital transformation in enhancing inclusivity and resilience in the regional trade system.

#### **Materials and Methods:**

A mixed-method approach was employed, combining quantitative and qualitative analyses to provide a comprehensive perspective. Data were obtained from 15 trade and financial institutions located in Southeast Asia, the Middle East, and North Africa through secondary statistical sources and in-depth qualitative surveys. Key variables measured included the degree of trade policy harmonization (tariff and non-tariff), adoption of digitalization in trade mechanisms, participation of cross-border business actors, and indicators of sustainable economic growth. To assess regional differences, statistical analysis was conducted using the Kruskal–Wallis test, enabling comparison of digital integration readiness across various regions.

**Result:**

The results demonstrate that ASEAN countries with higher adoption of digital technologies in trade exhibit stronger intra-regional trade connectivity and greater efficiency in cross-border transactions. Southeast Asia records the highest level of digital trade integration, while the Middle East continues to face regulatory and infrastructural barriers. Furthermore, the application of blockchain-based smart contracts and digital trade platforms has been shown to significantly expand market access for small business actors and emerging enterprises, contributing to financial inclusivity and broader economic participation ( $p < 0.05$ ).

**Discussion and Conclusion:**

This study confirms that policy harmonization and digital-based market integration serve as critical drivers in enhancing ASEAN's regional competitiveness in the globalized era. However, the findings also suggest that cross-country collaboration is crucial in overcoming regulatory inconsistencies, standardizing trade frameworks, and building resilient digital infrastructure. Furthermore, strengthening participation from smaller-scale enterprises and regional stakeholders is essential to ensure that the benefits of trade integration are equitably distributed across member states. Overall, the synergy between collective trade policy, technological innovation, and inclusive economic participation needs to be reinforced so that ASEAN can emerge not only as a competitive regional trading hub but also as a model of sustainable integration in the global economy.

**Key Words:** ASEAN, Regional Trade; Globalization, Policy Harmonization, Market Integration, Digital Economy.

## TAX JUSTICE IN INDONESIA: AN ANALYSIS OF VERTICAL, HORIZONTAL, AND DISTRIBUTIVE EQUITY

**Juhaida VALDA**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Economic Business,  
Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0004-1215-2906

**Putri Amelia ANDINI**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Economic Business,  
Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0006-5596-0721

**Fida Putri NAINAWA**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Economic Business,  
Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-9993-5209

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** The principle of justice in taxation plays a pivotal role in ensuring legitimacy, sustainability, and fairness in Indonesia's fiscal system. This study focuses on three dimensions of tax justice: vertical equity, horizontal equity, and distributive justice. The objective is to analyze how these principles are reflected in Indonesia's taxation practices, particularly in income tax policies, equal treatment across taxpayers, and the redistribution of tax revenues for public welfare.

**Materials and Methods:** This research employed a qualitative method through a literature study, examining classical and modern taxation theories, political philosophy perspectives such as Adam Smith's canons of taxation and Rawls' justice as fairness, as well as Islamic legal principles on equity. Relevant books, journals, legislation, and government reports were critically reviewed and analyzed using content analysis to identify key concepts of justice in the Indonesian taxation system.

**Results:** The findings reveal that vertical equity is implemented through progressive income tax rates, ensuring taxpayers with higher incomes bear proportionally greater burdens in accordance with their ability to pay. Horizontal equity emphasizes equal treatment for taxpayers in similar economic conditions, though disparities remain between the formal and informal sectors due to administrative weaknesses. Distributive justice is reflected in the allocation of tax revenues to finance infrastructure, subsidies, and social programs aimed at reducing inequality and promoting public welfare.

**Discussion and Conclusion:** This study concludes that while Indonesia's taxation system has formally integrated principles of justice, challenges persist in practice, particularly regarding tax avoidance, disparities in taxpayer compliance, and transparency in the distribution of public funds. To strengthen fairness and sustainability, continuous reforms in tax administration, digitalization, and accountability are essential. Ultimately, a taxation system rooted in equity not only secures state revenue but also serves as a vital instrument for promoting social justice and inclusive development.

**Keywords:** Tax justice, vertical equity, horizontal equity, distributive justice, Indonesia, progressive tax, fiscal policy

## THE CONTRIBUTION OF MSMEs TO JOB CREATION AND POVERTY ALLEVIATION IN INDONESIA

**SALSABILA**

Faculty of Islamics and Business, UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan

**ORCID ID:** 0009-0008-9280-0991

**Sakinah Kharisma NUR**

Faculty of Islamics and Business, UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan

**ORCID ID:** 0009-0005-5052-4237

**Samudra Tri Jaya DIMAS**

Faculty of Islamics and Business, UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan

**ORCID ID:** 0009-0008-6957-8464

### Abstract

MSMEs play a significant role in the Indonesian economy. This sector employs more than 90% of the total national workforce and contributes more than 60% to the Gross Domestic Product (GDP). MSMEs also play an important role in expanding access to employment opportunities, especially for people with low levels of education, women, and people living in rural areas. In addition, the development of MSMEs has been proven to reduce poverty through increased household income, local economic empowerment, and diversification of community income sources. However, MSMEs still face a number of challenges, including limited access to financing, low quality of human resources, lack of product innovation, and limited access to global markets. Therefore, strong synergy between the government, financial institutions, and MSME actors is needed in order to strengthen competitiveness and optimize the contribution of MSMEs to inclusive economic development.

**Keywords:** MSMEs, employment, poverty, economic empowerment, Indonesia.

## OSUN EYALETİNDEKİ KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ İŞLETMELERİN FİNANSAL PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ÇOKLU VERGİLENDİRMENİN ETKİSİ

**Anuoluwapo Blessing AKANO**

Okuku Campus – Faculty of Management and Social Sciences, Department of Social Management,  
Osun State University, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0005-0490-8774

**Comfort Omolola OYEBAMIJİ**

Ipetu-Ijesa Campus – Faculty of Education, Department of Educational Management,  
Osun State University, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0006-1565-9758

**Omoniyi Helen OLUWANİFEMİ**

Osogbo Campus – Faculty of Basic Medical Sciences, College of Health Sciences,  
Osun State University, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0003-5812-3011

### Özet

Bu çalışma, Osun Eyaletindeki Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerin karlılığı üzerinde çoklu vergilendirmenin etkisini incelemektedir. Temel amaç, çoklu vergilendirme ile işletmelerin hayatta kalması arasındaki ilişkiyi incelemek, işletmelerin vergi ödeme kabiliyetinin şirket büyüklüğüne bağlı olup olmadığını belirlemek ve çoklu vergilendirmenin işletmelerin karlılığı üzerindeki etkisini incelemektir. Nüfus içerisinde 150 kişilik bir örneklem büyüklüğü alındı, regresyon analizleri kullanılarak üç hipotez test edildi ve çoklu vergilendirme ile işletmelerin hayatta kalması arasında anlamlı bir ilişki olduğunu, işletme büyüklüğü ile vergi ödeme kabiliyeti arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ve çoklu vergilendirmenin işletmelerin karlılığını etkilediğini gösterdi. İlk hipotezden elde edilen sonuçlar, çoklu vergilendirme ile KOBİ performansı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu gösterdi:  $R^2$  değeri = (0,944) ve  $F(1,149) = 3093,515$ ,  $p < 0,05$ ; İkinci hipotez, çoklu vergilendirmenin küçük ve orta ölçekli işletmelerin finansal performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu  $R^2$  değeri = (0,805) ve  $F(1, 149) = 756,399$ ,  $p < 0,05$  ile gösterdi. Son olarak üçüncü hipotez sonuçları, Firmaların vergi ödeyememesinin KOBİ'lerin finansal performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını  $R^2$  değeri = (0,897) ve  $F(1, 149) = 1592,430$ ,  $p < 0,05$  ile gösterdi. Çalışma, çoklu vergilendirmenin KOBİ'lerin hayatta kalmasını ve büyümesini etkilediği sonucuna vardı. Çalışma, vergi tahsilatının, hükümetin hangi vergileri KOBİ'lerden toplayacağına göre tanımlanmasını önerdi. Bu, hükümetin üç kademesinin aynı belirli kuruluştan vergi toplamasını önleyecektir. Hükümet ayrıca, topluluk vergisi, erkek çocukları veya gençlik vergisi ve ayrıca dernek veya sendika vergisi gibi yasadışı vergileri önlemek için bir politika koymalıdır.

## HÜMANİZMIN BİR YANSIMASI OLARAK NİJERYA SANATI

**OYEBAMIJI** Comfort Omolola

Ipetu-Ijesa Campus – Faculty of Education, Department of Educational Management, Osun State University, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0006-1565-9758

**ANUOLUWAPO** Blessing Akano

Okuku Campus – Faculty of Management and Social Sciences, Department of Social Management, Osun State University, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0005-0490-8774

**OMONIYI** Helen Oluwanifemi,

Osogbo campus, Faculty of Basic Medical Sciences, College of Health Sciences, Osun State University, Osun State, Nigeria.

**ORCID ID:** 0009-0003-5812-3011

### Özet

Bu proje, Nijerya sanatının hümanizm ilkelerini nasıl yansıttığını, özellikle insan onurunun, kimliğinin, kültürel değerlerin ve toplumsal gerçekliklerin betimlenmesine odaklanarak inceler. Geleneksel heykellerden ve tekstil sanatlarından çağdaş resim ve fotoğrafçılığa kadar Nijeryalı sanatçılar, günlük yaşam, maneviyat, direniş ve dayanıklılığa kök salmış insan merkezli temaları uzun süredir ifade etmektedir. Bu araştırma, hem geleneksel hem de modern Nijerya sanatının bireysel ve kolektif insan deneyiminin görsel bir anlatısı olarak nasıl hizmet ettiğini ve Nijerya sanatsal ifadesinde insanî kaygıların merkezî rolünü vurguladığını araştırmaktadır.

## MODELING THE SEASONAL DYNAMICS OF ALBANIA'S TRADE BALANCE: A TIME SERIES APPROACH

**Brikena SULEJMANI**

University of Vlora "Ismail Qemali", Department of Finance and Accounting, 9400, Vlore, Albania

**ORCID ID:** 0009-0006-7201-3443

**Evelina BAZINI**

University of Vlora "Ismail Qemali", Department of Business, 9400, Vlore, Albania

**ORCID ID:** 0009-0001-4725-955X

### ABSTRACT

In this study, is analysed Albania's trade balance September 2015 – August 2025 in order to identify the cyclical patterns and short-run fluctuations that drive the nation's external position. Trade balance is a key determinant of the economic prosperity of a country because it accounts for the relationship between exports and imports and whether the economy is gaining or losing foreign currency through foreign trade. A balanced trade helps induce macroeconomic stability, the maintenance of foreign reserves, and fiscal as well as monetary sustainability. To observe these movements, the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) model was employed as an integrated time-series approach capable of analyzing trend and seasonal elements simultaneously. The SARIMA model allows for tracking systematic patterns by linking current observations of the trade balance to their past observations and incorporating the impact of random shocks and cyclical seasonal factors. This method is extremely efficient for economies such as Albania with a high reliance on tourism and seasonality in imports. After testing different model specifications, SARIMA(1,1,1)(0,1,1,12) was employed as the most superior specification due to its outstanding statistical performance and consistent diagnostics. The results reveal statistically significant autoregressive and moving average coefficients ( $AR(1)=0.274$ ,  $p<0.01$ ;  $MA(1)=-0.598$ ,  $p<0.001$ ; seasonal  $MA(12)=-0.432$ ,  $p<0.001$ ), confirming both short-run and recurring seasonal effects. Model goodness-of-fit statistics ( $AIC=438.8$ ;  $BIC=448.0$ ;  $HQIC=442.4$ ) indicate satisfactory fit and reliability. Economically, the findings demonstrate that the Albania trade balance exhibits a seasonal recurring trend, which is healthier during tourism periods but deteriorates when import-biased, and this underscores the need for better export diversification and domestic capacity.

**Keywords:** Trade Balance, Time Series Analysis, Model Diagnostics, Economic Performance

## 1. INTRODUCTION

Balance of trade is one of the key indicators of a nation's external economic performance and competitiveness. It indicates the difference between goods and services exports and imports, and whether an economy is earning or losing foreign exchange through its trade with the rest of the world. A surplus strengthens foreign reserves as well as macroeconomic stability, while a persistent deficit signals structural flaws in domestic production, competitiveness, as well as the export capacity. In the case of developing nations such as Albania, the balance of trade is a vital indicator of economic resilience, both reflecting the resilience as well as the flaws of its productive and external sectors.

During the past decade, the Albanian trade balance has been structurally negative with very high import dependency and limited export diversification. The imports are dominated by energy products, machinery and equipment, construction materials, and consumer goods, whereas the exports are dominated by textiles, leather footwear, minerals, and agricultural produce. Even with incremental progress in export capability and infrastructure, Albania continues to lack high technological intensity, small industrial base, and inadequate value-added production. Meanwhile, the tourism industry injects large seasonally fluctuating foreign exchange inflows, which seasonally partially cushion the trade deficit but insufficiently to maintain long-term balance.

In order to capture the motion of Albania's foreign sector balance, one requires a method with a capacity for the identification of trend changes, as well as cyclical patterns typical for the external sector of the country. Towards this end, the present study employs the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) model an improved time-series method involving autoregressive, differencing, and moving average elements, but specifically allowing for seasonality. The SARIMA model is most appropriately used for countries like Albania, whose flows are dominated by the cycles of tourism, import seasonality, and occasional macroeconomic shocks. By determining recent values of the trade balance with their past readings, the model facilitates the determination of systematic, short-run, and cyclical movements characteristic of Albania's external position.

With such context and methodology applicability of forecasting techniques such as SARIMA and ARIMA to detect seasonal as well as structural trends of trade, the following is an overview of recent quantitative literature employing these and other techniques to investigate export performance, trade balance movements, and more aggregate macroeconomic indicators for

different countries. This literature provides the theoretical and empirical framework for the comprehension of how forecasting techniques can be properly applied to simulate Albania's trade balance and external sector trends.

Batra and Vohra (2023) mention that the export is crucial in promoting economic growth via foreign exchange creation, industrial growth promotion, and ensuring financial stability. Using the data on monthly exports of India from April 2018 to July 2023, extracted from the Handbook of Statistics on the Indian Economy (RBI), the authors used the ARIMA model for forecasting future trends. The top ARIMA(0,1,1) model was suitable for short-run forecasting, which indicated a steady rise in exports between March 2023 and March 2024. The authors want to emphasize that statistical time-series models such as ARIMA are extremely helpful to policymakers and analysts in depicting export dynamics, but the forecast is sensitive to global economic and geopolitical dynamics.

According to Hasibuan et al. (2023), exports that imply the sale of the goods or services of one country to another tend to have seasonal patterns which may be effectively calculated using time-series forecasting. Their research compared the performance of SARIMA model and Holt–Winter's method in forecasting the export figures of West Sumatra from 2016 to 2022. After testing a number of specifications, SARIMA(1,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub> was selected together with a Holt–Winter's simulation for testing against measures of accuracy such as Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Mean Absolute Deviation (MAD). The SARIMA model achieved lower errors (MAPE = 0.437%; MAD = 78.821) than Holt–Winter's (MAPE = 0.894%; MAD = 163.320) with higher predictive accuracy. Because of this, the authors reached the conclusion that the SARIMA model is more appropriate to forecast export data with seasonality factors and applied it to give projections up to 24 future periods from January 2023 to December 2024.

Piyasiri et al., (2023) analyzed Sri Lanka's apparel and textile export revenues, a major propellant of the country's national economy, with main destinations the USA, UK, Italy, Germany, and Belgium. Using quarterly data from 2004Q1 to 2021Q4, they developed a SARIMA(1,1,0)×(0,1,1)<sub>4</sub> model for forecasting export performance. The best model was selected based on statistical measures like AIC, BIC, and HQIC, and diagnostics were employed to validate random, stable residuals. Validation for 2022Q1–2023Q1 showed MAPE values of 7.68% and 11.35%, suggesting high predictive power. Forecasts for 2023Q2–2024Q4 suggested stable export

revenues of USD 1,058–1,265 million, confirming that the SARIMA model is a valuable and reliable short-term export forecasting tool.

Gross Domestic Product (GDP) prediction is important in planning and the formulation of economic policies. In this study, the performance of three models, namely ARIMA, SARIMAX, and Random Forest, is compared in predicting the United Kingdom GDP, and the correlation with the unemployment rate is elaborated with the use of data from Office of National Statistics. Both ARIMA and SARIMAX models exhibit a negative but not statistically significant correlation between unemployment and GDP, which suggests that although the two variables are moving in opposite directions, there could be other variables with more influence on GDP dynamics. The Random Forest model is stronger in predictive power, reflecting the dominance of machine learning models over traditional econometric approaches. The findings indicate the need to incorporate additional explanatory variables and employ more advanced techniques to improve GDP forecasting accuracy and improve economic policy-making decisions (Hossain, 2023).

Szostek et al., (2024) contrasted the performance of ARIMA, SARIMA, and Support Vector Regression (SVR) models for predicting monthly electricity production from Polish wind farms. From two sites, Gizalki and Łęki Dukielskie, they tuned model parameters with grid search in terms of MAPE and measured performance with MBE, MAE, MAPE, and  $R^2$ . Results suggested ARIMA to perform best for Gizalki, SARIMA for Łęki Dukielskie, and SVR to be least effective. ARIMA and SARIMA models were found by the study to be effective forecasting devices for wind energy, although they are affected by the season and structuring of the data.

The study employs quantitative forecasting methods to model China's export value to the United States by incorporating six key variables—export value, real exchange rate, Chinese GDP, United States IPI, and their seasonal components. Three methods, namely the BP neural network, ARIMA, and AR-GARCH models, were employed to simulate and predict export performance. Predictive capability of each model was determined by error measures that gauged actual versus simulated data. Results are that all the models fit well but with differing power of prediction. The ARIMA model was the most capable in terms of forecasting. The paper concludes by discussing why such results were obtained and by providing policy recommendations on how China can enhance its export performance according to the modeling structures determined (Qiu, 2022)

Akhter et al., (2024) examined the effect of global volatility in oil prices on Bangladesh export earnings using 1991–2021 data. Applying a nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL)

model together with machine learning techniques such as Prophet and Long Short-Term Memory (LSTM), they found oil price shocks have asymmetric impacts on exports—negative and positive shocks reduce exports in the short term but raise them in the long term. Inflation exhibited the same pattern, having a short-term negative effect on exports but being beneficial for them in the long run. The LSTM model performed better than Prophet with a lower RMSE (1.88). Export diversification is essential to mitigate the threats of oil price instability, the study concludes.

Predicting U.S. import prices from China is a critical element in the understanding of international economic and trade events and strategic firm and policy choice making. Utilizing Bureau of Economic Analysis data, the research employs the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) method to determine seasonal and stationary patterns in 1986 to 2016 monthly import prices. To improve model performance, a Grid Search approach is applied for obtaining the optimal set of parameters based on statistical criteria, i.e., the Akaike Information Criterion (AIC), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and Adjusted MAPE (AMAPE). The results depict that over the period of the next six months, import prices would be likely to retain seasonal characteristics with minor variations, pointing towards overall steadiness in trade price trend and validating model resilience of prediction (Li, 2025).

Kriskkumar et al., (2022) examined if the impact of oil prices on Malaysian economic growth is asymmetrical between 1981–2017. By using both the Augmented Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach and the Nonlinear ARDL (NARDL) model, the study concluded that failure to consider nonlinear effects can yield erroneous findings. The evidence showed that Malaysia's growth is asymmetrically determined by oil price movements: both increases and decreases in oil prices stimulate growth. This evidence is suggestive of Malaysia's dual status as oil producer and trading nation, thus the country cleverly takes advantage of oil price movements to enhance economic performance.

Using the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model, the paper examines and forecasts the exchange rate of China's USD/RMB and its trade balance based on monthly data. Based on the analysis, the exchange rate falls in 2023–2024 and levels off at 6.7 in 2024–2025, showing a consistent depreciation of the Chinese yuan relative to the U.S. dollar. Conversely, the trade balance of China will also see moderate growth but at a slower rate than in the previous stages. These findings are indicative of rising Chinese export pressure and the changing pattern of global trade. The research emphasizes the accuracy of ARIMA models to capture short-run

patterns in exchange rates and trade balances with the assumption that there could be finite constraints based on unexpected market or policy factors. It concludes by informing policymakers on how to handle currency volatility and ensure trade stability in a changing global world (Yin, 2023).

Batareseh et al., (2022) experimented to see if Machine Learning (ML) methods would make international trade forecasts more accurate, especially as recent trade policies have prohibited imports and exports of such essential items like steel, aluminum, soybeans, and beef. As trade immediately affects employment, wages, and economic growth in total, the authors used open-government data sets to train forecasting algorithms for guiding evidence-based policy-making. The study employed numerous models like ARIMA, Gradient Boosting, XGBoost, and LightGBM as well as K-Means clustering to classify the nations based on economic and trade factors. By working through their analysis, they established that ML-based models perform better compared to traditional econometric and aggregated projection models since they offer data-driven, explainable, and commodity-specific forecasts. These results suggest that ML techniques can provide policymakers with more precise views of future trade flows, to design sensitive and resilient trade policy in an ever more dynamic world.

Ghauri et al. (2020) contrasted Pakistan's trade pattern to two forecasting techniques the Box–Jenkins (ARIMA) model and an Auto-Regressive (AR) model with seasonal dummies from FY2002 through FY2019's yearly import and export data. Their findings indicated that the ARIMA model was more precise in predicting exports, whereas the AR model performed better for imports, projecting a 1.87% rise in exports and a –1.61% drop in imports for FY2020. The authors pointed out that such models are effective tools for trade planning policy in developing economies, allowing governments to anticipate imbalances and undertake remedial measures. They advised Pakistan to step up export incentives, diversify production, and reduce the cost of doing business in order to boost competitiveness and achieve sustainable trade balance gains over comparators in the region such as India, Bangladesh, and China.

Insaad and Sribunrueang (2025) used monthly data from January 2011–December 2023 to make a prediction of the amount of Thailand's sugar export and direction of price with the aid of Box–Jenkins analysis through the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) model. They identified SARIMA(1,1,1)(1,1,2)<sub>12</sub> to be most suitable for quantity prediction and SARIMA(1,1,1)(2,1,1)<sub>12</sub> for price prediction. The projections show volumes of sugar exports

rising from January to June 2024 during harvest and milling season but declining thereafter as output declines. On the other hand, prices of sugar are expected to increase between July and December 2024 with lower volumes of exports and seasonal supply deficits. The results confirm the robustness of the model and are beneficial for sugarcane producers, industry planners, and policymakers to improve production planning and export strategy formulation.

## 2. MATERIAL AND METHODS

This study employs a quantitative time-series approach to examine the evolution and seasonal trend of Albania's trade balance between September 2015 – August 2025. Data series is a sequence of monthly observations of the net difference in imports and exports of goods and services. Data were gathered from reliable and internationally recognized statistical databases, including Trading Economics, Macrotrends, and other verified global databases that provide consistent and up-to-date macroeconomic data. The sources give the guarantee of precision, comparability, and transparency of the trade balance data used in empirical tests. The SARIMA model was used as the primary modeling technique due to the fact that it can describe both trend and seasonal patterns of economic time series. SARIMA is an extension of the basic ARIMA model incorporating terms of seasonal autoregressive and moving average, denoting the general form:  $SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$

where:

- $p,d,q$  denote the non-seasonal autoregressive, differencing, and moving average parameters;
- $P,D,Q$  represent their seasonal counterparts;
- and  $s$  refers to the seasonal cycle length, set to 12 months for this study.

Model specification was guided by graphical inspection of the autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation (PACF) plots, aided by statistical testing for stationarity with the Augmented Dickey–Fuller (ADF) test. Different SARIMA formulations were estimated and compared, and the optimal model was chosen by the lowest Akaike Information Criterion (AIC), Bayesian Information Criterion (BIC), and Hannan–Quinn Criterion (HQIC) values. Residual tests like the Ljung–Box Q-test for autocorrelation, Jarque–Bera test for normality, and heteroskedasticity tests were also conducted to ensure that the best-fitting model satisfied crucial statistical assumptions. Out of the specifications that passed these tests, only the best-fitting one

was chosen to predict the short-run and seasonal patterns of Albania's trade balance. The approach adopted methodologically provides a robust empirical foundation for the analysis of cyclical forces in the country's external sector and for making reliable projections to inform trade and industrial policy-making.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The trade balance of Albania for the period from September 2015 to August 2025 is comprised in Table 1 and its descriptive statistics are summarized. The mean value of  $-33.24$  indicates a continuous trade deficit which means that Albania has import more than exports all through the year. It also portrays the country's structural dependence on imports and the narrow range of its export products.

The standard deviation of  $8.10$  implies that there is moderate discrepancy around the mean which could possibly be due to cyclical or seasonal patterns in trade flows that are affected by tourism seasons, energy imports, and international market conditions. The lowest value of  $-55.9$  marks the worst deficit whereas the highest value of  $-16.1$  marks the least negative balance which is probably during times of good export or low import demand.

The median of  $-31.5$  being close to the mean indicates that the data are fairly symmetrically distributed which is an indication that the majority of values are around the same level of deficit. In conclusion, the descriptive statistics show that Albania's trade balance has been, and probably still is, of a structurally negative character with only slight short-term improvements over the period of time analyzed.

**Table 1.** Descriptive Statistics

|                      | count | mean      | std     | min   | 50%   | max   |
|----------------------|-------|-----------|---------|-------|-------|-------|
| <b>Trade Balance</b> | 120   | -33.24167 | 8.09682 | -55.9 | -31.5 | -16.1 |

The graph displays the trade balance changes over the years 2016-2025. When the values are converted to billion dollars, the figures are very different from one year to another which show the changes in seasons and cycles. The trade balance is often very close to zero, which means that there is a continuous trade deficit. A significant drop in a year like 2022 or 2023 is an indication of a period of either increased imports or decreased exports. The gap is getting bigger most of the time because the trend, although there are rapid recoveries, is slowly going down in the long run.

So the graph tells that Albania has had continuous difficulties to be competitive on the international market and to maintain a trade surplus, as well as having frequent fluctuations during each season.

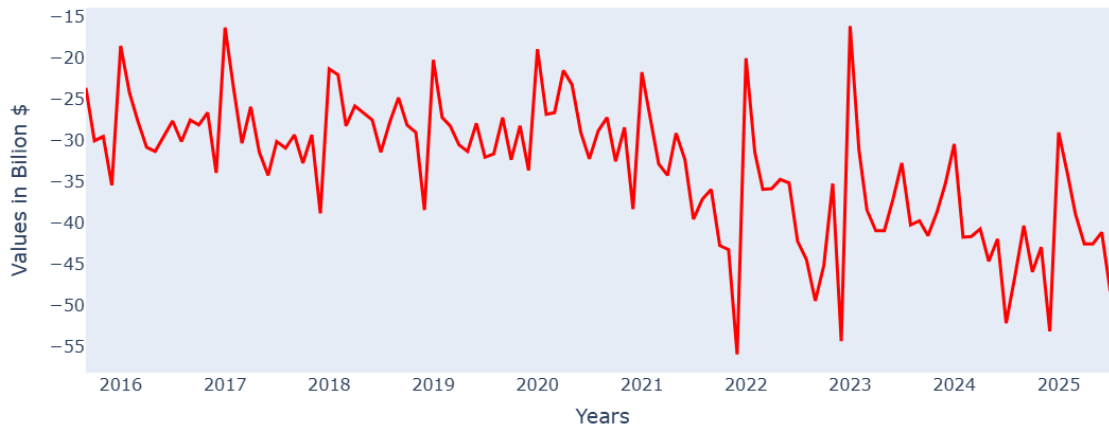


**Fig. 1.** Monthly Trade Balance of Albania (2015–2025)

Results from the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test in Table 2 indicate the trade balance series is non-stationary as the test statistic ( $-1.85$ ) is higher than the critical values at all significance levels (1%, 5%, and 10%), whereas the p-value (0.36) is higher than 0.05. The series, therefore, contains trends or seasonality over time and does not have a constant mean and variance.

However, after differencing once ( $d=1$ ), the ADF statistic is  $-6.74$ , which falls below all critical values and the p-value (0.00) confirms statistical significance at 1% level. Therefore, the differenced series can be considered stationary, i.e., the mean and variance settle down over time and the time series can now be safely used for modeling and forecasting.

In total, the trade balance series is stationary after first differencing, suggesting that it is integrated of order one,  $I(1)$ . This is a step required for the development of valid time-series forecasting models such as ARIMA or SARIMA.

**Table 2.** Stationarity Tests of the Trade Balance Series (ADF Test)

| Test Statistic     | Original Series       | First Difference ( $d=1$ ) |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|
| ADF Statistic      | -1.85                 | -6.74                      |
| p-value            | 0.36                  | 0                          |
| 1% Critical Value  | -3.5                  | -3.5                       |
| 5% Critical Value  | -2.89                 | -2.89                      |
| 10% Critical Value | -2.58                 | -2.58                      |
|                    | <b>Non-stationary</b> | <b>Stationary</b>          |

The plot illustrates the Autocorrelation Function (ACF) and Partial Autocorrelation Function (PACF) plot for the time series of trade balance.

In the ACF plot (left), the autocorrelation is declining smoothly but remains strong across a number of lags, indicating significant persistence in the data and that the data is likely non-stationary. The seasonal peak with obvious spikes at lag 12 indicates an annual seasonality in the monthly series—the typical case for trade data influenced by cyclic export and import operations.

There is a very high spike at lag 1 and then an abrupt decline of subsequent lags below the confidence limits in the PACF plot (right), validating that a first-order autoregressive (AR(1)) component is appropriate. The gradual ACF decline coupled with the high seasonal spike suggests that the model should contain a moving average seasonal component at lag 12 as well.

In general, this trend is in agreement with the choice of parameters of the SARIMA(1,1,1)(0,1,1,12) model a single non-seasonal autoregressive term (AR=1), a single non-seasonal moving average term (MA=1), and a single season moving average term lagged 12 to successfully model the short-run and seasonal relationships in the Albanian trade balance data.

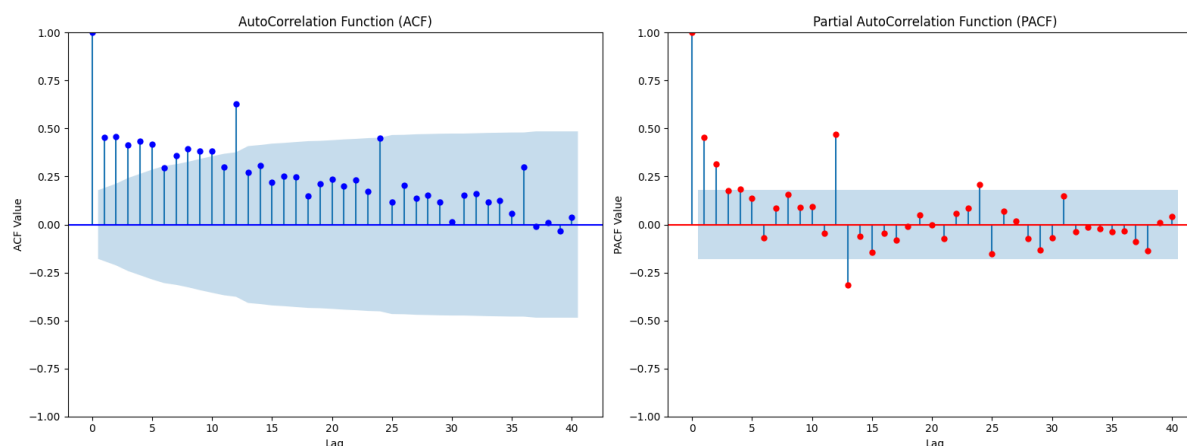


**Fig. 2.** ACF and PACF of the Trade Balance Series

Table below presents the model fit and identification statistics for the SARIMA(1,1,1)(0,1,1,12) model estimated to the Trade Balance series. The model has 120 monthly observations and displays a log-likelihood of  $-213.41$ , reflecting a good fit between observed and forecasted values. Information criterion values AIC (438.82), BIC (448.02), and HQIC (442.36) suggest that the model is well-suited and maintains a good trade-off between explanatory power and complexity. These relatively low values ensure that the chosen SARIMA specification properly captures trend and seasonal characteristics of Albanian trade balance during the time period observed

**Table 3.** Model Identification and Fit Statistics

| Statistic                  | Value                        |
|----------------------------|------------------------------|
| <b>Model</b>               | SARIMA(1, 1, 1)(0, 1, 1, 12) |
| <b>Dependent Variable</b>  | Trade Balance                |
| <b>No. of Observations</b> | 120                          |
| <b>Log Likelihood</b>      | -213.41                      |
| <b>AIC</b>                 | 438.82                       |
| <b>BIC</b>                 | 448.02                       |
| <b>HQIC</b>                | 442.356                      |

In the table 4, the coefficient AR(1) is positive (0.2741) and significant ( $p = 0.009$ ), indicating that the past levels of trade balance positively and moderately affect the current levels. The MA(1) coefficient for moving average is negative ( $-0.5983$ ) and highly so ( $p < 0.001$ ), suggesting that the shocks in the series in the short term are reversed in the long term. The occurrence of strong annual seasonals common in economies with trade and tourist movements being cyclical is also confirmed by the seasonal moving average coefficient at lag 12 ( $-0.4316$ ,  $p < 0.001$ ). The residuals' variation ( $\sigma^2 = 14.40$ ) is still large, indicating moderate variation around the fitted model. Overall, estimated coefficients are significant statistically and verify the suitability of the SARIMA specification to capture seasonality and short-run dynamics of Albania's trade balance.

**Table 4.** Estimated Coefficients of the SARIMA(1,1,1)(0,1,1,12) Model

| Parameter       | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | p-Value | [0.025] | [0.975] |
|-----------------|-------------|------------|-------------|---------|---------|---------|
| AR(1)           | 0.2741      | 0.104      | 2.628       | 0.009   | 0.07    | 0.478   |
| MA(1)           | -0.5983     | 0.122      | -4.899      | 0       | -0.837  | -0.36   |
| Seasonal MA(12) | -0.4316     | 0.118      | -3.665      | 0       | -0.663  | -0.2    |
| $\sigma^2$      | 14.4025     | 2.21       | 6.515       | 0       | 10.072  | 18.733  |

The Ljung–Box Q test ( $p = 0.62$ ) indicates no autocorrelation, confirming that the residuals are white noise. The Jarque–Bera statistic ( $p = 0.58$ ) demonstrates the normality of the residuals, and the heteroskedasticity test ( $p = 0.48$ ) shows no variance inequality over time. Also, the skewness value (0.03) suggests residuals are symmetrical, and the kurtosis value (2.82), close to the normal reference of 3, also confirms the normality assumption. Collectively, these diagnostics confirm the

model passes key statistical assumptions and provides an adequate fit for forecasting Albania's trade balance.

**Table 5.** Diagnostic and Residual Tests

| Test                          | Statistic | p-Value | Interpretation                     |
|-------------------------------|-----------|---------|------------------------------------|
| <b>Ljung–Box (Q)</b>          | 0.24      | 0.62    | No autocorrelation in residuals    |
| <b>Jarque–Bera (JB)</b>       | 1.09      | 0.58    | Residuals are normally distributed |
| <b>Heteroskedasticity (H)</b> | 0.96      | 0.48    | No heteroskedasticity detected     |
| <b>Skewness</b>               | 0.03      | –       | Symmetric residuals                |
| <b>Kurtosis</b>               | 2.82      | –       | Close to normal distribution       |

The past and future values of Albania's trade balance from 2015 to 2026 are illustrated in the graph using the SARIMA model. The blue line represents the past data, showing stable trade deficits across the years with varying movements primarily attributed to season and cyclical economic factors. The red line is the projected values for the future time horizon (2025–2026), which continue to reveal a trade deficit, but one with modest improvement and occasional spikes. The blue area colored in shows the 95% confidence intervals, a reflection of uncertainty around future estimates. Overall, the forecast suggests that short-run corrective actions will be taken but the structural trade deficit will still remain in place over the next few years, emphasizing the need for export diversification and reduced import dependence.

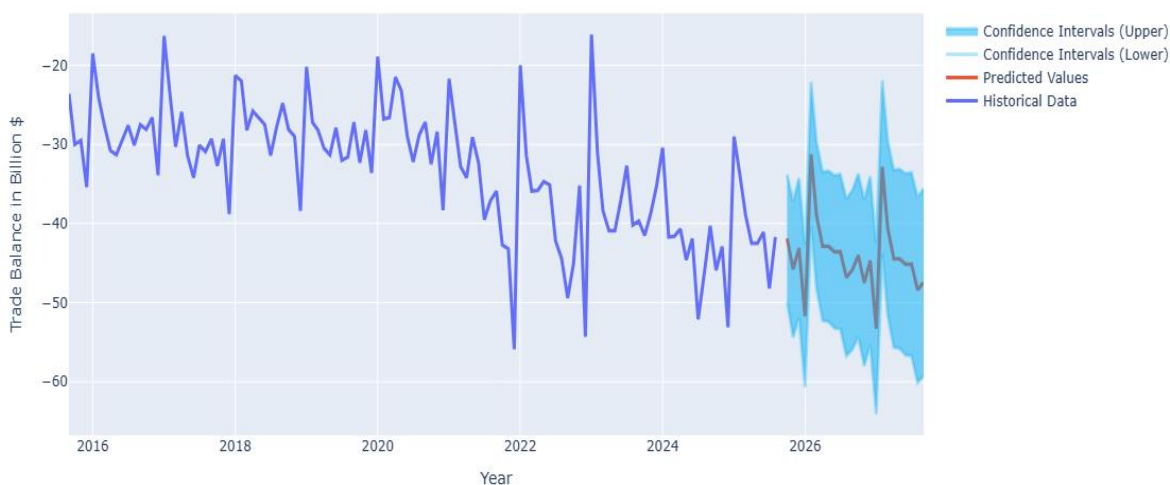


**Fig. 3.** Forecast of Albania's Trade Balance

## CONCLUSIONS

This study applied the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) model to analyze and forecast the trade balance of Albania for the period September 2015 – August 2025. The aim was to identify the cyclical and structural forces that are influencing the external sector of Albania, particularly the persistence of trade deficits, the influence of seasonality, as well as the influence of trends in import–export on the stability of the economy.

SARIMA(1,1,1)(0,1,1,12) was the most appropriate specification, with good statistical fit balanced against theoretical consistency. The results yielded statistically significant autoregressive and moving average coefficients ( $AR(1)=0.274$ ,  $MA(1)=-0.598$ , seasonal  $MA(12)=-0.432$ ) and confirmed both short-run interdependence and consistent season cycles in Albania's trade balance. Diagnostic tests (Ljung–Box Q, Jarque–Bera, and heteroskedasticity) assured absence of serial correlation, normal distribution of residuals, and homoscedasticity, thus guaranteeing model robustness and predictive validity.

Economically, findings identify that Albania's trade balance is negatively structured on the basis of import dependence and export concentration. The average monthly deficit of circa –33 million USD confirms external chronic imbalances and the narrow domestic production base. The seasonal improvements registered during tourism seasons temporarily reduce the deficit, but they are not enough to compensate for the inherent structural shortfalls in industry and technology capability. The cyclical pattern of having surpluses in seasons with tourism and then experiencing surpluses again in off-seasons indicates the sensitivity of the trade balance to seasonal and extrinsic shocks in the form of energy import volatility and across-world demand variability.

The projections of the model for 2025–2026 are one of steady improvement but still a short-term negative trade balance. This is suggestive that whereas imbalances in the short run can self-correct due to seasonal pressures, the underlying trade deficit persists, entrenching structural rigidity. The persistence of such deficits also underscores the necessity for policy actions to enhance the competitiveness of exports, support industrial upgrading, and constrain import dependency through increased domestic capacity.

In conclusion, this study confirms that SARIMA models are useful diagnostic and predictive devices for the small open economies' performance in the external sector like Albania. They can depict trend and seasonality sufficiently well, leaving policymakers with a quantitative foundation upon which to anticipate external frailties and develop flexible trade and industrial policy. In order

to ensure sustainable development, Albania must focus on the diversification of exports, value-added production, and mid- and long-term investment in innovation and logistics, changing its trade pattern from reliance on cyclic inflows towards structural competitiveness and resilience.

## REFERENCES

- Akhter, T., Ratna, T. S., Ahmed, F., Babu, M. A., & Hossain, S. F. A. (2024). *Modeling and forecasting the effect of oil price shocks on export earnings in Bangladesh: Evidence from NARDL and machine learning approaches*. *Heliyon*, 10, e36274.
- Batra, A., & Vohra, R. S. (2023). A study on export from India: An application of the ARIMA model. *Asian Journal of Management and Commerce*, 4(2), 325–331.
- Batarseh, F., Gopinath, M., Nalluru, G., & Beckman, J. (2019). Application of Machine Learning in Forecasting International Trade Trends.
- Ghauri, S. P., Ahmed, R. R., Streimikiene, D., & Streimikis, J. (2020). Forecasting exports and imports by using autoregressive (ARIMA)/Box–Jenkins approaches for Pakistan (FY2002–FY2019). *Engineering Economics*, 31(3), 274–283.
- Hossain, M. J. (2023). Comparative analysis of ARIMA, SARIMAX, and Random Forest models to forecast GDP. *Business School, University of Huddersfield*.
- Insaad, T., & Sribunrueang, P. (2025). A SARIMA-Based Time Series Analysis of Sugar Export Quantity and Price Trends in Thailand. *Journal of Business, Innovation and Sustainability (JBIS)*, 20(2).
- Li, Y. (2024). U.S. Imports Price of Goods Forecasting by Customs Basis from China using SARIMA Model. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 88, 1008–1015.
- Lilis Harianti Hasibuan, Syarto Musthofa, Darvi Mailisa Putri, & Miftahul Jannah. (2023). Comparison Of Seasonal Time Series Forecasting Using Sarima And Holt Winter's Exponential Smoothing (Case Study: West Sumatra Export Data). *Barekeng*, 17(3), 1773–1784.
- Kriskkumar, K., Naseem, N. A. M., & Azman-Saini, W. N. W. (2022). Asymmetric impact of oil price changes on economic growth in Malaysia: Evidence from NARDL approach. *SAGE Open*, 12(2).
- Piyasiri, K. G. V., Kasthuriarachchi, U. P., Nirmani, K. G. R., Tilakaratne, K. I., & Peiris, T. S. G. (2023). Modeling apparel and textile export revenue in Sri Lanka using SARIMA approach. *Journal of Applied Statistics and Data Science for Society*, 6(2), 321–334.
- Qiu, C. (2022). China's Economic Forecast Based on Machine Learning and Quantitative Easing. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1–8.
- Szostek, K., Mazur, D., Drałus, G., & Kuszniar, J. (2024). *Comparative analysis of ARIMA, SARIMA, and SVR models for wind farm electricity production forecasting*. *Energies*, 17(19), 4803.
- Yin, J. (2023). Forecasting exchange rates and trade balances: An ARIMA analysis of USD/RMB and China's trade dynamics. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 46, 16-24.

## THE ROLE OF ISLAMIC FINTECH IN ENCHANCING FINANCIAL INCLUSION

**Lina Nur AFIFAH**

**ORCID ID:** 0009-0003-5843-9243

**Risqi Khoirina FIRDA**

**ORCID ID:** 0009-0005-9730-5832

**Nidya PUTRI**

**ORCID ID:** 0009-0009-1918-0068

State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Economics and Islamic Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

### ABSTRACT

The rapid growth of financial technology (fintech) has significantly changed the landscape of the global financial industry, providing wider access to financial services and fostering inclusion. In the context of Islamic economics, *Shariah-compliant fintech* plays a crucial role in ensuring that financial innovation aligns with Islamic principles while reaching underserved communities. Many low-income households and micro, small, and medium enterprises (MSMEs) remain excluded from conventional banking systems due to structural and religious barriers, which makes Islamic fintech a relevant solution. The method applied in this study is qualitative, using a literature review of classical Islamic sources alongside contemporary academic research and policy documents. By examining theoretical frameworks and practical applications, the study evaluates the extent to which *Maqashid al-Shariah* is reflected in current economic regulations and institutional practices.

This study employs a qualitative descriptive method, utilizing secondary data from academic literature, regulatory frameworks, and industry reports to examine how Islamic fintech contributes to financial inclusion. The analysis focuses on services such as peer-to-peer lending, crowdfunding, and digital payment platforms that operate under Shariah compliance.

The results show that Islamic fintech has broadened financial access by lowering transaction costs, offering flexible financing alternatives, and promoting trust through adherence to Shariah governance. Moreover, it facilitates capital mobilization for MSMEs and enhances financial literacy within Muslim-majority societies. Nonetheless, challenges remain in regulatory harmonization, infrastructure readiness, and public awareness. Strengthening collaboration between regulators, fintech providers, and Islamic financial institutions is essential to optimize fintech's role in advancing inclusive and sustainable finance.

**Key Words:** Islamic fintech, financial inclusion, Shariah compliance, MSMEs, Islamic economics

## THE RISE OF DIGITAL ECONOMY AND CRYPTOCURRENCY: CHARTING THE PATH OF GLOBAL TRANSACTIONS

**Revalina OKTAVIANI**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Islamic  
Economics and Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-3170-4578

**Malfaliya NABILA**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Islamic Economics  
and Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0003-0402-2151

**Elisa OKTAVIANA**

State Islamic University of K.H. Abdurrahman Wahid, idiye International Faculty of Islamic Economics  
and Business, Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0003-5744-3507

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** The rapid growth of digital society has created profound shifts in social values, reshaping the way individuals interact, communicate, and interpret cultural norms. Digital platforms accelerate the influence of global modernity, while local traditions struggle to adapt and coexist within this new environment. This dynamic tension generates both opportunities for cultural enrichment and risks of value erosion. Therefore, this study aims to examine the transformation of social values in digital society, focusing on the balance between preserving local traditions and embracing global modernity.

**Materials and Methods:** This study adopts a qualitative approach through literature review and analysis of interdisciplinary sources, including sociology, anthropology, and cultural studies. Data were drawn from scholarly articles, case studies, and reports on digital culture, social behavior, and value transformation. The analysis emphasizes how digitalization affects everyday practices, social cohesion, and cultural continuity across diverse communities.

**Results:** The findings reveal that digital society fosters openness, innovation, and global connectivity, which influence values such as individual freedom, efficiency, and consumerism. At the same time, traditional values such as communal solidarity, respect for hierarchy, and cultural rituals face challenges in sustaining relevance. In many contexts, hybrid values emerge as individuals selectively integrate modern digital practices with inherited traditions, resulting in both cultural adaptation and fragmentation.

**Discussion and Conclusion:** The study concludes that the transformation of social values in digital society is not a linear replacement of traditions by modernity but rather a process of negotiation and adaptation. For digital society to be sustainable, efforts must be made to preserve cultural heritage while enabling individuals to engage with global modern practices. Strengthening digital literacy, fostering cultural awareness, and encouraging inclusive dialogue are essential steps to harmonize local traditions with global modernity.

**Key Words:** Digital Society, Social Values, Local Traditions, Global Modernity, Cultural Transformation

## CONSOLIDATION AND SPIN-OFFS OF ISLAMIC BANKS: STRATEGIES TO STRENGTHEN THE ISLAMIC FINANCE INDUSTRY

**Zahrotul KAROMAH**

K.H Abdurrahman Wahid State Islamic University, Faculty of Economics and Islamic Business,  
Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0003-2600-2645

**Lu'luil KAROMAH**

K.H Abdurrahman Wahid State Islamic University, Faculty of Economics and Islamic Business,  
Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-3088-1345

**Nabila Maydina M.A Farotul JANNAH**

K.H Abdurrahman Wahid State Islamic University, Faculty of Economics and Islamic Business,  
Department of Sharia Banking, Pekalongan, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0009-4169-3935

### ABSTRACT

Consolidation and spin-off of Islamic banks is a strategic move being promoted by the Financial Services Authority (OJK) to strengthen the structure of the Islamic finance industry in Indonesia. This effort stems from the need to improve efficiency, expand business scale, and strengthen the competitiveness of Islamic banks, whose market share is still limited at around 7–8% of the total national banking sector. Through the consolidation policy, it is hoped that Islamic banks with stronger capital, better governance, and greater capacity to drive real sector financing, particularly in the halal industry and MSMEs, will be formed. Meanwhile, the spin-off of Sharia Business Units (UUS) into Sharia Commercial Banks (BUS) is expected to create independence, a clearer business focus, and increased product innovation in accordance with sharia principles. However, this strategy also presents challenges, such as human resource readiness, technology integration, regulatory harmonisation, and the risk of market concentration, which is still dominated by Bank Syariah Indonesia (BSI). Thus, consolidation and spin-offs are not only technical solutions but also long-term strategies to encourage the Islamic finance industry to be more inclusive, globally competitive, and able to contribute significantly to national economic growth.

**Key Words:** Consolidation, Spin-offs, Islamic Banks, Financial Services Authority

## **DIGITAL INNOVATION IN ISLAMIC BANKING: STRATEGIES TO ENHANCE FINANCIAL INCLUSION**

**Ryan ARISTIYANTO**

Faculty of Islamic Economics and Business, State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid  
Pekalongan, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0009-5090-6920

**M. Halim BARNANDA**

Faculty of Islamic Economics and Business, State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid  
Pekalongan, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0005-9520-6259

**Muh. Alfian FAIZ**

Faculty of Islamic Economics and Business, State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid  
Pekalongan, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0003-1627-206X

### **ABSTRACT**

**Introduction and Purpose:** The rapid development of digital technology has reshaped the global financial landscape, including the Islamic banking sector. In Indonesia, which has the largest Muslim population in the world, Islamic banking holds vast potential to strengthen financial inclusion through digital innovation. Despite its significant growth, the market share of Islamic banking remains relatively small compared to conventional banking. This study aims to analyze the role of digital innovation in strengthening Islamic banking's contribution to financial inclusion and to identify the challenges and opportunities associated with its implementation. **Research Method:** This study employs a qualitative descriptive method using a literature review approach. Data were collected from official reports of the Financial Services Authority (OJK), Bank Indonesia, academic publications, and secondary data from international institutions such as the Islamic Development Bank. The analysis focused on examining digital innovation practices in Islamic banking, including mobile banking, internet banking, and Sharia-compliant fintech services. **Results:** The findings indicate that digital innovation significantly improves public access to Islamic banking services. Sharia mobile banking applications and integration with fintech platforms provide transaction convenience, enhance efficiency, and expand outreach to customers, particularly in underserved regions without direct branch access. However, the study also identifies challenges such as low levels of digital literacy, uneven technological infrastructure, and trust issues concerning data security and compliance. **Discussion and Conclusion:** The discussion highlights that digital innovation plays a pivotal role in accelerating the transformation of Islamic banking towards a more inclusive financial system.

The successful implementation of digital initiatives depends not only on technological readiness but also on strengthening Islamic financial literacy, ensuring regulatory support, and building synergy with the fintech ecosystem. This study concludes that Islamic banking institutions must continuously enhance digital innovation, foster public trust, and strengthen collaboration with stakeholders to maximize their contribution to national financial inclusion.

**Keywords:** Digital Innovation, Islamic Banking, Financial Inclusion, Islamic Fintech, Financial Literacy.

## **STOCK INVESTMENT TRENDS AMONG GENERATION Z IN INDONESIA: BETWEEN FINANCIAL LITERACY, DIGITAL TECHNOLOGY, AND FINANCIAL LIFESTYLE**

**SAFINATUNNAJAH**

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and  
Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0006-7538-5330

**Laeli Riski AMALIA**

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Tarbiyah and Teacher  
Education, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0003-2970-9136

**Nurul Adya IVANKA**

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Tarbiyah and Teacher  
Education, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0004-4278-0209

### **ABSTRACT**

The development of stock investment in Indonesia in recent years has shown increasingly significant dynamics, especially with the growing interest and participation of Generation Z as a productive age group that is very familiar with digital technology. This generation has different characteristics compared to previous generations, such as speed in accessing information, openness to innovation, adaptability to technological developments, and a strong desire to achieve financial independence from a young age. The emergence of digital-based investment applications with simple interfaces, easy access via smartphones, lower transaction costs, and massive social media penetration have been strong driving factors in expanding Generation Z's access to the capital market. In addition, the growing trend of financial lifestyles among young people has made stock investment not only a means of financial management, but also a part of social identity and a symbol of modernity. However, this high level of enthusiasm is not always accompanied by adequate financial literacy, giving rise to the risk of speculative behavior, dependence on instant information, and vulnerability to losses due to a lack of understanding of long term investment strategies. This study seeks to highlight how financial literacy, digital technology developments, and financial lifestyle dynamics contribute to shaping the stock investment patterns of Generation Z in Indonesia, while emphasizing the need for synergy between regulators, securities companies, and educational institutions in formulating appropriate educational strategies to create young investors who are smart, wise, competitive, and able to contribute to the strengthening of the capital market and sustainable national economic growth.

**Keywords:** Stock Investment, Generation Z, Financial Literacy, Digital Technology.

## THE ROLE OF SHARIA CONTRACTS IN REALIZING FAIR AND BLESSED ECONOMIC TRANSACTIONS

**Khaerul UMAR**

State Islamic University KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0006-5390-4160

**Lailatul MAULIDYA**

State Islamic University KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0008-4628-3065

**Wildan MAHARODDIN**

State Islamic University KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Islamic Banking, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0007-9114-1472

### ABSTRACT

Sharia contracts serve as the fundamental basis of Islamic economic activities, regulating contractual relationships between parties in accordance with Islamic principles. Each contract has its own characteristics, pillars, and conditions that must be fulfilled for the transaction to be considered valid and compliant with Islamic law. Common types of contracts in Islamic economic practices include sales contracts (*murabahah*, *salam*, *istisna'*), profit-sharing contracts (*mudharabah*, *musyarakah*), and service contracts (*ijarah*, *wakalah*, *kafalah*). These contracts function not only as legal instruments but also as tools to establish justice, transparency, and blessings in economic transactions. This study aims to examine the basic concepts, classifications, and relevance of sharia contracts within the modern financial system, particularly in the banking industry and Islamic financial institutions. By understanding sharia contracts comprehensively, society is expected to improve sharia financial literacy and strengthen the implementation of Islamic principles in contemporary economic activities.

**Key Words:** sharia contracts, Islamic economics, transactions, Islamic banking, financial literacy

## THE MEANING OF PUBLIC OPEN SPACES AS A MEANS OF SOCIAL INTERACTION FOR URBAN COMMUNITIES

**Diva Eka SAPUTRI**

Sharia Banking, Faculty of Economics and Islamic Business, K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University Pekalongan, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0003-1046-3746

**Nabila Yumna SULTHANA**

Sharia Banking, Faculty of Economics and Islamic Business, K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University Pekalongan, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0005-4549-7940

**Irma Dwi MULYANTI**

Sharia Banking, Faculty of Economics and Islamic Business, K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University Pekalongan, Central Java, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0001-0324-5375

### ABSTRACT

Public open spaces have a strategic position in urban communities, which are characterized by high mobility, busy economic activities, and limited space for interaction. This study aims to explore the meaning of public open spaces as a means of social interaction for urban communities using a qualitative approach. Data were obtained through in-depth interviews and participatory observation in a number of public spaces in urban areas. The results show that public open spaces are not only seen as places for recreation, sports, or physical activities, but also as social arenas that bring together individuals from diverse social, economic, and cultural backgrounds. The existence of these spaces enables cross-class interactions, strengthens social networks, and fosters a sense of togetherness amid the trend of individualism in modern life. In addition, public open spaces are interpreted as symbols of openness and inclusiveness that accommodate various forms of activities, both formal and informal, such as community meetings, social discussions, art performances, and creative economic activities. Thus, public open spaces have a broader meaning, namely as a medium for shaping social cohesion and the collective identity of urban communities. This study emphasizes the importance of managing public spaces with a focus on social interaction in order to support sustainable and equitable urban development.

**Keywords:** Public Open Spaces, Social Interaction, Urban Communities, Social Cohesion, Urban Development.

## THE ROLE OF ISLAMIC ECONOMICS IN ENHANCING FINANCIAL INCLUSION AND SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH

**Nabila Suci RAHMADANI**

K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, Indonesia, Faculty of Islamic  
Economic and Business Islam, Department of Syariah Banking, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-2283-8769

**Nabila Meca ASRI**

K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, Indonesia, Faculty of Islamic  
Economic and Business Islam, Department of Syariah Banking, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0001-3184-1828

**Arina MANASIKANA**

K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, Indonesia, Faculty of Islamic  
Economic and Business Islam, Department of Syariah Banking, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0002-9784-4033

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** Islamic economics is an economic system based on Islamic principles that emphasize social justice, equitable wealth distribution, and the prohibition of interest (riba), uncertainty (gharar), and gambling (maysir). This system offers an ethical alternative to conventional economics, aiming to increase financial inclusion and provide socially responsible financial solutions. This study aims to evaluate the role of Islamic economics in enhancing financial access for underserved populations and its contribution to sustainable economic growth.

**Materials and Methods:** This research employs a qualitative approach through literature review and secondary data analysis, including reports from Islamic financial institutions, academic publications, and national surveys on Islamic financial inclusion. Data are analyzed descriptively and comparatively to identify factors influencing the development of Islamic economics and challenges faced during its implementation.

**Results:** The findings indicate that Islamic economics has significantly improved financial inclusion, particularly among micro, small, and medium enterprises (MSMEs) that previously had limited access to conventional banking services. Islamic financial products such as mudharabah (profit-sharing), musyarakah (partnership), and murabahah (cost-plus financing) provide fair and Sharia-compliant financing alternatives. Additionally, the Islamic finance industry shows positive growth trends with increased customer base and asset volume. However, major challenges remain, including limited public understanding of Islamic economic principles, low financial literacy, and regulatory frameworks that are not fully supportive of this sector's expansion.

**Discussion and Conclusion:** Islamic economics holds great potential to drive inclusive and sustainable economic growth. Realizing this potential requires collaboration among governments, financial institutions, and communities to enhance education and literacy on Islamic finance. Furthermore, the development of innovative financial products and responsive regulations is essential to optimize the growth of Islamic economics and maximize its socio-economic benefits. In conclusion, Islamic economics is not merely an alternative financial system but also a comprehensive solution for achieving social justice and economic well-being.

**Key Words:** Islamic Economics, Financial Inclusion, Islamic Financing, Economic Growth, Financial Literacy, MSMEs

## ZAKAT DISTRIBUTION AND ITS IMPACT ON POVERTY ALLEVIATION

**Nabila Meca ASRI**

K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, Indonesia, Faculty of Islamic  
Economic and Business Islam, Department of Syariah Banking, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0001-3184-1828

**Nabila Suci RAHMADANI**

K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, Indonesia, Faculty of Islamic  
Economic and Business Islam, Department of Syariah Banking, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0000-2283-8769

**Arina MANASIKANA**

K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University of Pekalongan, Indonesia, Faculty of Islamic  
Economic and Business Islam, Department of Syariah Banking, Indonesia

**ORCID ID:** 0009-0002-9784-4033

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** Zakat is one of the most important instruments in the Islamic financial system, serving a dual role as a religious obligation and an economic distribution mechanism to reduce social inequality. In Indonesia, with its Muslim-majority population, the potential of zakat is highly significant and can be a strategic tool for poverty alleviation. However, the effectiveness of zakat distribution is often influenced by management, governance, and public awareness. The purpose of this study is to analyze how well-targeted zakat distribution can generate a real impact on poverty alleviation, as well as to identify the supporting and inhibiting factors that affect its effectiveness.

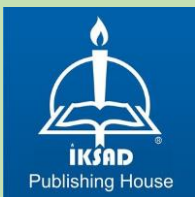
**Materials and Methods:** This study adopts a qualitative approach through literature review based on journals, scientific articles, reports from zakat institutions, and official statistical data related to zakat distribution and poverty rates in Indonesia. The analysis was carried out using a descriptive-analytical method to illustrate the distribution patterns of zakat and their impacts on beneficiaries. A comparative approach was also employed by examining the differences between consumptive zakat distribution and productive zakat distribution.

**Results:** The findings indicate that well-managed zakat distribution significantly contributes to the improvement of beneficiaries' welfare. Consumptive zakat distribution is proven to fulfill basic needs, but its impact tends to be short-term. Meanwhile, productive zakat distribution, in the form of business capital, skills training, and economic empowerment, has a more sustainable long-term effect. Data from several national zakat institutions show that the implementation of productive

zakat programs has succeeded in increasing beneficiaries' income and even transforming some recipients from mustahik (beneficiaries) into muzakki (zakat payers).

**Discussion and Conclusion:** These findings affirm that zakat distribution plays a crucial role in reducing poverty levels when managed with the right strategy. Key supporting factors include transparency, accountability, innovative empowerment programs, and collaboration between zakat institutions, the government, and society. However, challenges remain, such as low zakat literacy, limited mustahik data, and a lack of public participation in channeling zakat through official institutions. Therefore, it is necessary to strengthen zakat governance through digital technology to ensure more accurate targeting, as well as to enhance public awareness about the importance of organized zakat distribution. Consequently, zakat should not only function as temporary social assistance but also as a sustainable economic transformation instrument for poverty alleviation.

**Keywords:** Zakat, Distribution, Poverty Alleviation, Islamic Economics, Empowerment



Issued: 29.10.2025  
ISBN: "978-625-378-364-8"

