

ISSN: 2146 - 4693  
e-ISSN: 2458 - 9330

# DÜFED

## Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

**Cilt** [Volume] 12  
**Sayı** [Issue] 2  
**Aralık** [December] 2023

Dicle University Journal of the Institute of Natural and Applied Sciences



# DÜFED

**DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

*DICLE UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES*

**CİLT / VOLUME 12 SAYI / ISSUE 2 30 ARALIK / DECEMBER 2023**

**ISSN: 2146 - 4693**

**e-ISSN: 2458 - 9330**

**<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>**

## **DİZİNLER / INDEXING, ABSTRACTING AND ENLISTING**

Google Scholar, CABI: CAB Abstracts and Global Health, CAS: Chemical Abstracts Service, ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources, Index Copernicus International, Citefactor: Academic Scientific Journals, BASE: Bielefeld Academic Search Engine, OpenAIRE, IJIFACTOR, ASOS, Paperity: Open Science Aggregated, I2OR: International Institute of Organized Research, SJIF: Scientific Journal Impact Factor, ASI: Advanced Sciences Index, DRJI: Directory of Research Journal Indexing, SOBIAD, ACARINDEX: Akademik Araştırmalar Index, SIS: Scientific Indexing Services, Crossref, Harman Türkiye Akademik Arşivi, AccessOn, Dimensions, Wizdom, OUCI: The Open Ukrainian Citation Index, WorldCat, Scilit

**Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ceylan Enstitüler Binası  
21280 - DİYARBAKIR**

**Tel: +90 412 241 10 00 Dahili: 8450**

**e-postalar: fbedergi@dicle.edu.tr / dufed@dicle.edu.tr**

**DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**  
*DİCLE UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES*

**CİLT / VOLUME 12 SAYI / ISSUE 2 30 ARALIK / DECEMBER 2023**

**ISSN: 2146 - 4693**  
**e-ISSN: 2458 - 9330**

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

**Sahibi / Owner**

**Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ**  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.  
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye  
nesdalkilic@gmail.com / neslidal@dicle.edu.tr

**Baş Editör / Editor-in-Chief**

**Prof. Dr. Ayhan BEKLEYEN**  
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye  
ayhan.bekleyen@gmail.com / bekleyen@dicle.edu.tr

**Baş Editör Yardımcıları / Co-Editors-in-Chief**

**Dr. Öğr. Üyesi Mesut HÜSEYİNOĞLU**  
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye  
mesuth@dicle.edu.tr

**Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ACAR**  
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye  
hacar@dicle.edu.tr

**Basım Yeri / Printing**

Dicle Üniversitesi Basımevi, Diyarbakır

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

**Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR**

Beykent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, senguloymen@beykent.edu.tr

**Prof. Dr. Jamal M. KHATIB**

Beyrut Arap Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Beyrut, Lübnan, j.khatib@bau.edu.lb

**Prof. Dr. Aysu AKALIN**

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, aysuakalin@gazi.edu.tr

**Prof. Dr. Nicoleta GILLICH**

Babeş-Bolyai Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümü, Resita, Romanya, nicoleta.gillich@ubbcluj.ro

**Prof. Dr. Akın BAYSAL**

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, akinb@dicle.edu.tr

**Dr. Sevinj N. OSMANOVA**

Khazar Üniversitesi, Kimya ve Kimya Mühendisliği Bölümü, Bakü, Azerbaycan, sevinj.osmanova@khazar.org

**Prof. Dr. Yeliz PEKBAY**

Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, yeliz.pekbay@ege.edu.tr

**Doç. Dr. Carlo CIULLA**

Epoka Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tiran, Arnavutluk, cciulla@epoka.edu.al

**Prof. Dr. Özlem TONÇER**

Dicle Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toncer@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Muzaffer DENLİ**

Dicle Üniversitesi, Zootekni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, denlim@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL**

Uludağ Üniversitesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye, cangul@uludag.edu.tr

**Prof. Dr. Zekai ŞEN**

İstanbul Medipol Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, zsen@medipol.edu.tr

**Doç. Dr. Gülnare KANBAROVA**

Nahçıvan Devlet Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Nahçıvan, Azerbaycan, gulnare\_qenberova65@yahoo.com

**Dr. Mohd Sayuti BIN AB KARIM**

Malaya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kuala Lumpur, Malezya, mdsayuti@um.edu.my

**Prof. Dr. Mehmet Rifat ULUSOY**

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, mrulusoy@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Leyla Sezen TANSI**

Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, lsezen@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK**

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toprakzf@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Kadir TURAN**

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kturan@dicle.edu.tr

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

**Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR**

Beykent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, senguloymen@beykent.edu.tr

**Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL**

Uludağ Üniversitesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye, cangul@uludag.edu.tr

**Prof. Dr. Zekai ŞEN**

İstanbul Medipol Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, zsen@medipol.edu.tr

**Prof. Dr. Aysu AKALIN**

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, aysuakalin@gazi.edu.tr

**Prof. Dr. Ufuk Teoman AKSOY**

Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, taksoy@firat.edu.tr

**Prof. Dr. Abbas GÜNGÖRDÜ**

İnönü Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Malatya, Türkiye, abbas.gungordu@inonu.edu.tr

**Prof. Dr. Yeliz PEKBAY**

Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, yeliz.pekbay@ege.edu.tr

**Prof. Dr. Naki ÇOLAK**

Hitit Üniversitesi, Kimya Bölümü, Çorum, Türkiye, nakicolak@hitit.edu.tr

**Prof. Dr. Hikmet GEÇKİL**

İnönü Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Malatya, Türkiye, hikmet.geckil@inonu.edu.tr

**Prof. Dr. Ali SABİR**

Selçuk Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye, asabir@selcuk.edu.tr

**Prof. Dr. Leyla Sezen TANSI**

Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, lsezen@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Kamil KARUT**

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, karuti@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Serdar SATAR**

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, hserhat@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Şengül KARAMAN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, sengulk@ksu.edu.tr

*Alan Editörleri / Field Editors*

**Prof. Dr. Süreyya NAMLI**

Dicle Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, snamli@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Hülya KARADEDE AKIN**

Dicle Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, hkdede@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Nurettin PİRİNÇÇİOĞLU**

Dicle Üniversitesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, npirinc@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Akın BAYSAL**

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, akinb@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Fırat AYDIN**

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, faydin@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Ersin KILINÇ**

Dicle Üniversitesi, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kilincersin@gmail.com

**Prof. Dr. Bilal ŞEKER**

Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, bilal.seker@dicle.edu.tr

**Dr. Öğr. Üyesi S. Öykü YURTTAŞ**

Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oykuyurttas@gmail.com

**Prof. Dr. Veysel TOLAN**

Dicle Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, vtolan@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Seçil YALAZ**

Dicle Üniversitesi, İstatistik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, syalaz@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. İbrahim KAYA**

Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ikaya@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ**

Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, bilgumus@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Fevzi ÖNEN**

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, fonen@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ**

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oncume@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Mustafa AYHAN**

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, mayhan@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Özgür AKKOYUN**

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oakkoyun@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Figen BALO**

Fırat Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, figenbalo@gmail.com

**Doç. Dr. Atilla Gencer DEVECİOĞLU**

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, atillad@dicle.edu.tr

**Dr. Öğr. Üyesi Gurbet ÖRÇEN**

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, gurbetorcen@dicle.edu.tr

**Dr. Mohd Sayuti BIN AB KARIM**

Malaya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kuala Lumpur, Malezya, mdsayuti@um.edu.my

**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet NERGİZ**

Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, mnergiz@dicle.edu.tr

**Dr. Abdülkadir ALBAYRAK**

Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kadir.albayrak@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. C. Tuncay AKIN**

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ctakin@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Onur ERMAN**

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Adana, Türkiye, oerman@cu.edu.tr

**Doç. Dr. Şefika ERGİN**

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, sefika@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Canan KOÇ**

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, canan.koca@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR**

Dicle Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, gozdemir@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Mehmet Rifat ULUSOY**

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, mrulusoy@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Selime ÖLMEZ BAYHAN**

Dicle Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, solmezbayhan@gmail.com

**Prof. Dr. Kamil KARUT**

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, karuti@cu.edu.tr

**Prof. Dr. Behiye Tuba BİÇER**

Dicle Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, tbicer@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Özlem TONÇER**

Dicle Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toncer@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Abdullah SESSİZ**

Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, assessiz@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Ahmet Konuralp ELİÇİN**

Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, konuralp.elicin@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Muzaffer DENLİ**

Dicle Üniversitesi, Zootečni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, denlim@dicle.edu.tr

**Prof. Dr. Nihat TEKEL**

Dicle Üniversitesi, Zootečni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ntekel@dicle.edu.tr

**Doç. Dr. Abdurrahman KARA**

Dicle Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, abdurrahman.kara@dicle.edu.tr

**Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor**

**Dr. Feyza BULUT**

Dicle Üniversitesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, feyzaislamoglu@gmail.com

**İngilizce Dil Editörleri / English Language Editors**

**Doç. Dr. Murat BİNGÜL**

Dicle Üniversitesi, Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, muratbingul1983@gmail.com

**Dr. Öğr. Üyesi F. Figen BİNBAY**

Dicle Üniversitesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, figenbinbay@hotmail.com

**Mizanpaj Editörleri / Page-Setting Editors**

**Araş. Gör. Sevcan ASLAN KILIÇ**

Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye, sevcan.aslan@dicle.edu.tr

**Araş. Gör. Ruşen ERGÜN**

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, rusen.ergun@dicle.edu.tr

**Araş. Gör. Latife ÖLKER**

Muş Alparslan Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Muş, Türkiye, latifeolkerr@gmail.com

**Yayın Sekreterliği / Secretary**

**Araş. Gör. Sevcan ASLAN KILIÇ**

Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye, arcsevcan@gmail.com

**Araş. Gör. Latife ÖLKER**

Muş Alparslan Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Muş, Türkiye, latifeolker9@gmail.com

**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

**Araştırma Makaleleri / Research Articles**

- Sıvı Gübrelerin Makarnalık Buğdayda Verim, Verim Unsurları ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi**  
*Determination of the Effect of Liquid Fertilizers on Yield, Yield Components and Quality Characteristics of Durum Wheat*  
Sevda EKİN, Enver KENDAL..... 189
- Diyarbakır İli Sınırlarından Toplanan Bazı Yerel Makarnalık Buğday Popülasyonlarının İncelenmesi**  
*Investigation of Some Durum Wheat Landraces Collected from Diyarbakır Province Boundaries*  
Muhammed Ali ÖZATEŞ, Enver KENDAL..... 209
- Diyarbakır Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Tane Verimi ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi**  
*Investigation for Grain Yield and Quality Characteristics of Some Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars in Diyarbakır Conditions*  
Sinan BAYRAM, Soner YÜKSEL, Hasan DOĞAN, Sertaç TEKDAL..... 231
- L Tipi Matris Yöntemi ile Bir Öğrenci Yurdunun Yangın Riski Açısından Değerlendirilmesi**  
*Evaluation of a Student Dormitory in terms of Fire Risk with L Type Matrix Method*  
Şükran YEMİŞÇİOĞLU, Zuhal ŞİMŞEK..... 251
- Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği**  
*Hybrid System Analysis for Surface Rainwater Drainage in Urban Highway Underpasses: The Case of Diyarbakır City*  
Hüseyin FİDAN, Tamer BAĞATUR..... 269
- Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa İlleri Pamuk Üretim Alanlarında Geocoris Türlerinin (Hemiptera: Geocoridae) Belirlenmesi**  
*Determination of Geocoris Species (Hemiptera: Geocoridae) in Cotton Production Areas of Diyarbakır, Mardin and Şanlıurfa Provinces*  
Merve AKYILDIZ, Erol BAYHAN..... 285



<b>Çok Modlu Çalışan Tek Fazlı Matris Dönüştürücünün Giriş Harmoniklerinin Azaltılması</b> <i>Reducing Input Harmonics of Single Phase Matrix Converter Operating in Multimode</i> Merve ERTARĞIN, Ahmet ORHAN, Abuzer ÇALIŞKAN.....	295
<b>Çelik Çubuk Ağı Kubbelerinin Yük Aktarım Prensiplerine Göre İncelenmesi</b> <i>Investigation of Steel Bar Mesh Domes According to Load Transfer Principles</i> Mehmet Ali BEKTAŞ, Mehmet Sedat HAYALİOĞLU.....	311
<b>GSR Analysis by Spectrophotometry Method in Forensic Chemistry</b> <i>Adli Kimyada Spektrofotometri Metoduyla GSR Analizi</i> Gökhan TEKİN, Ercan SEYHAN, Işıl AYDIN, Fırat AYDIN.....	335



*Araştırma Makalesi / Research Article*


## **Sıvı Gübrelerin Makarnalık Buğdayda Verim, Verim Unsurları ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi**

*Determination of the Effect of Liquid Fertilizers on Yield, Yield Components and Quality Characteristics of Durum Wheat*

Sevda EKİN<sup>1</sup> , Enver KENDAL<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, 47200, Mardin, Türkiye

<sup>2</sup> Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 47060, Mardin, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1239632>

### **MAKALE BİLGİSİ**

#### **Makale Tarihi**

*Alınış, 20 Ocak 2023*

*Revize, 14 Mart 2023*

*Kabul, 17 Mart 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

#### **Anahtar Kelimeler**

*Makarnalık, Çeşit, Özellik, Sıvı gübre*

### **ÖZ**

Yüksek verimli ve kaliteli ürünler elde etmek için uygun çeşit tercih edilmesinin yanında yetiştirme döneminde en uygun bakım şartlarının sağlanması ile mümkün olmaktadır. Bunlardan biri de bitkinin ihtiyaç duyduğu makro ve mikro besinlerin eksiksiz olarak uygulanmasıdır. Bu çalışma içerisinde makro ve mikro besin elementlerini birlikte içeren sıvı gübrenin makarnalık buğdayın verim, verim öğeleri ve kalite kriterlerine etkisini görmek üzere yürütülmüştür. Çalışma 2020-2021 yetiştirme sezonunda, Mardin ili Kızıltepe ilçesi Çağıl köyünde, çiftçi koşullarında, 3 adet makarnalık buğday çeşidinde sıvı gübre uygulama dozunun etkisi araştırılmıştır. Deneme Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Sıvı gübre uygulaması, çeşitler ve interaksiyon bakımından %0,1 ve % 0,5 seviyesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. İncelenen özelliklerden metrekarede başak sayısı (368-439 adet/m<sup>2</sup>), bitki boyu (97-107 cm), başak uzunluğu (7,4-7,7 cm), başak verimi (25,2-26,0 g/başak), hektolitre ağırlığı (81,6-83,8 kg/hl), protein oranı (%11,8-14,0), yaş glüten oranı (%30,6-35,6) ve tane verimi (536,7-628,9 kg/da) bakımından sıvı gübre uygulamasının önemli, diğer parametreler bakımından önemsiz olduğu belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığında araştırmadan elde edilen sonuçlara göre sıvı gübre uygulamasının makarnalık buğdaya etkisi önemli bulunmuştur. Ayrıca, biplot analizi ile genotipler ve uygulamalar arasındaki ilişki ile interaksiyon konusunda faydalı ve görsel sonuçlar elde edilmiştir.

*\*Sorumlu Yazar*

*E-posta Adresleri:* [sevdaaydin2147@gmail.com](mailto:sevdaaydin2147@gmail.com) (Sevda EKİN), [enverkendal@artuklu.edu.tr](mailto:enverkendal@artuklu.edu.tr) (Enver KENDAL)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 20 January 2023

Revised, 14 March 2023

Accepted, 17 March 2023

Available Online, 01 October 2023

### Keywords

*Durum, Cultivar, Trait, Liquid fertilizer*

## ABSTRACT

In order to obtain high yielding and quality products, it is possible to choose suitable varieties and to provide the most suitable maintenance conditions during the growing period. One of them is the complete application of macro and micro nutrients needed by the plant. In this study, it was carried out to see the effect of liquid fertilizer containing macro and micro nutrients together on yield, yield components and quality criteria of durum wheat. In the 2020-2021 growing season, the effect of liquid fertilizer application dose on 3 durum wheat cultivars was investigated under farmer conditions in Çağıl village of Kızıltepe district of Mardin province. The experiment was carried out according to the Random Blocks Trial Design with 4 replications. Significant differences were detected at the level of 0.1% and 0.5% in terms of liquid fertilizer application, varieties and interaction. Among the examined characteristics, the number of spikes per square meter (368-439 pieces/m<sup>2</sup>), plant height (97-107 cm), spike length (7.4-7.7 cm), spike yield (25.2-26.0 g/spike), hectoliter weight (81.6-83.8 kg/hl), protein ratio (11.8-14.0%), wet gluten ratio (30.6-35.6%) and grain yield (5367-6289 kg/ha<sup>-1</sup>) were determined to be important in terms of liquid fertilizer application, but insignificant in terms of other parameters. In general, according to the results obtained from the research, the effect of liquid fertilizer application on durum wheat was found to be significant. In addition, useful and visual results were obtained on the relationship and interaction between genotypes and applications with biplot analysis.

## 1. GİRİŞ

Dünyada yaklaşık 15 tür ve 30 bin kültür çeşidi olduğu tahmin edilen buğday, makarnalık (sert) ve ekmeklik (yumuşak) olmak üzere temelde iki grupta incelenmektedir. Makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) isminden de anlaşıldığı gibi başta makarna, bulgur ve irmik sanayisi, ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ise daha çok un ve bisküvi sanayisi için temel hammadde konumundadır. Buğday, farklı ülke ve bölgelerde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde de tahıllar içerisinde ilk sırada yer almaktadır [1].

Buğdayın Dünyada ekim alanı ve üretimi yıllar itibarıyla az da olsa değişim göstermekle birlikte birinci sırada Hindistan olup bu ülkeyi Rusya, AB ve Çin izlemektedir. Ülkemizde 2021 yılı buğday ekilişi 6.74 milyon hektar, üretim ise 17,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ekiliş alanlarının 5,54 milyon hektarında 14,5 milyon ton ekmeklik buğday, 1,2 milyon hektarında 3,2 milyon ton makarnalık buğday üretilmiştir. Ülkemiz, makarnalık buğday üretimini yapan ülkeler arasında Kanada ve İtalya'dan sonra 3.sırada yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ülkemizin makarnalık buğday üretimi ve makarnalık buğday ürünlerinin (makarna, bulgur ve irmik) ihracatında önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle bu bölgede makarnalık buğday çalışmaları önemsenerek devam etmektedir [2].

Dünya' da ve ülkemizde temel gıda maddesi olarak önemli bir yer tutan buğday, bölgemizde yetiştirilen önemli bir tahıl türüdür. Hızlı nüfus artışı, ekim alanlarının genişletilememesi ve hatta bazı

yerlerde ekilebilir alanların azalması, ürün üretimini artırmak için alan verimini artırmanın tek yolu olduğu belirtilmiştir. Dünyada buğday verimi ve ürün kalitesindeki farklılıkların nedeni; çeşitlerin yapısı, iklim, toprağın yapısı, topraktaki N(azot) miktarı, topraktaki azot kullanımı ve yetiştirme tekniklerinin rolü büyüktür [3]. Buğdayın verim ve kalite özelliklerini artırmada en etkili yetiştirme tekniklerinden biri gübreleme olduğu bildirilmektedir [4]. Üretimde verimi artırmak için gübre uygulamalarının gerekli olduğu bilinmesine rağmen, aşırı gübre uygulamalarının toprakta tuzlanma, canlı organizmaların aktivitesinde bozulma, suda nitrat birikmesi, azot ve kükürt salınımı gibi çevreye verdiği zararlara pek değinilmemiştir. Uygulanan azotlu gübrelemenin %50'si bitkiler tarafından kullanılmakta, %2-20'si buharlaşma yoluyla kaybedilmekte, %15-25'i topraktaki kil minerallerince fikse edilmekte ve %2-10'luk bölümü ise yer altı sularına karışarak kaybolmaktadır [5]. Bitkilerde gübre ihtiyacının tam karşılanmamasıyla verimde kayıplar yaşanmakta olup gübrelemenin fazla yapıldığı zamanlarda ise çevre kirlenmekte aynı zamanda ekonomik kayıplar da çoğalmaktadır.

Yüksek verim için bitkiler öncelikle makro ve mikro elementlere ihtiyaç duyarlar. Mikro besin elementleri eksikliği, dünya çapında 3 milyondan fazla insanı etkileyen bir sağlık sorunudur. Zn (çinko) ve Fe (demir) en yaygın mikro besin elementleridir. Buğday geliştirmekte olan ülkelerde en önemli temel enerji kaynağı olduğu bilindiği için buğdayın bu anlamda geliştirilmesi gerekmektedir [6]. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu makro ve mikro besin elementleri bitkinin gelişimi için gereklidir. Bu elementlerden birinin diğerinin üzerindeki etkisi dikkate alınmalı ve bitkiler tarafından kullanımının kolaylaştırılması amaçlanmalıdır. Aynı zamanda makro ve mikro elementlerin belirli oranlarda ve yeterli ölçüde bir araya gelmesi gerekmektedir. Bitkisel üretimde istenilen verim ve kalitenin sağlanabilmesi için bir veya birden fazla bitki besin elementi içeren organik veya inorganik bileşiklerin toprağa veya doğrudan bitkiye ulaşması gerekmektedir. Yapraftan besin elementlerinin uygulanması, verimi artırmanın en modern yoludur [7]. Ayrıca, yapraftan gübreleme, topraktan gübrelemeye göre daha ucuz ve verimli olup daha az gübre gerektirir [8].

Makarnalık buğdayın kalitesi, genetik yapısı, yetiştirildiği yılın ekolojik koşulları, yetiştirme teknikleri ve hepsinden önemlisi kullandığımız gübre dozu ile ilişkilidir [9]. Yetiştirme tekniklerine ek olarak, alan verimini artırmak için gübreleme büyük önem arz etmektedir. Tane verimi ve kalite dengeli bir gübreleme ile artırılabilir [9]. Ülkemizde gübre fiyatlarının arttığı dönemlerde yetiştiricilikte gübrelerin daha az tercih edildiği görülmektedir. Bu çalışmada, sıvı gübrenin uygulama dozları ve dönemi belirlenerek ortaya çıkan sonuçların pratikte çiftçiler tarafından kullanılmasını amaçlamıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2020-2021 üretim sezonunda Mardin ili Kızıltepe ilçesine bağlı Çağıl köyünde çiftçi tarlasında sulu koşullarda yürütülmüştür. Bu çalışmada bitki materyali olarak bölgede tercih edilen 3 makarnalık buğday çeşidi kullanılmıştır (Güneyyıldızı, Sümerli, Burgos).

### 2.1 Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

2020-2021 yetiştirme sezonu ile uzun yıllar Mardin Kızıltepe ilçesine ait meteorolojik verileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Araştırma lokasyonuna ait ortalama aylık meteorolojik veriler

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)		Nem (%)	
	2020-21	Uzun Yıllar	2020-21	Uzun Yıllar	2020-21	Uzun Yıllar
Eylül	28,7	26,2	0	1,5	25,1	30,5
Ekim	21,0	20,5	0	24,5	27,1	38,3
Kasım	14,0	13,3	23,7	33,3	60,1	50,7
Aralık	8,3	8,1	27,8	33,5	75,9	65,5
Ocak	7,1	6,9	31,2	36,0	65,7	71,6
Şubat	10,0	9,0	27,7	33,2	60,7	66,1
Mart	13,4	12,2	55,9	59,2	61,2	69,0
Nisan	17,9	16,0	6,1	37,6	51,3	63,0
Mayıs	22,8	21,7	2,8	38,8	25,2	47,0
Haziran	26,9	25,6	0,0	6,6	22,6	32,0
Toplam			175,2	301,0		

Tablo 1’de, uzun dönem sıcaklıkların, deneme yılına ait sıcaklık değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Araştırma mevsimindeki yağışın miktarına bakıldığında, lokasyona en fazla yağışın kış mevsiminde olduğu görülmektedir. Uzun dönem yağış ortalaması 301,0 mm iken, araştırma döneminde ise 175,2 mm olarak ölçülmüştür. Ortalama en fazla yağışın görüldüğü mevsim Mart ayında 55,9 mm olduğu görülmüştür (Tablo 1). Deneme mevsimi ile uzun yıllar nem oranları kıyaslandığında hem deneme yılında yağış oranının düşük ve sıcaklık değerlerinin yüksek olması nem oranlarının düşmesine sebep olmuştur.

### 2.2 Araştırmada Kullanılan Gübre ve Özellikleri

Sıvı gübrenin içerdiği makro ve mikro besin elementleri ve değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Araştırmada kullanılan Fertileader sıvı gübrenin içeriği ve değerleri

Üre Azotu (N)	%9,0	Suda Çözünür Demir (Fe)	%0,02
Suda Çözünür Fosfor pentaoksit (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%5,0	Suda Çözünür Mangan (Mn)	%0,1
Suda Çözünür Potasyum Oksit (K <sub>2</sub> O)	%4,0	Suda Çözünür Molibden (Mo)	%0,01
Q Suda Çözünür Bor (B)	%0,05	Suda Çözünür Çinko (Zn)	%0,05
Suda Çözünür Bakır (Cu)	%0,02	Yoğunluk	%1,16

### 2.3 Ekim ve Bakım İşleri

Çalışmada kullanılan tohumların çimlenme %'leri belirlendikten sonra m<sup>2</sup>'ye göre kullanılacak tohumluklar persel alanına göre ayrı ayrı tohum zarflarında hazırlanmıştır. Denemenin ekimi 12 Kasım 2020 tarihinde Mardin Kızıltepe ilçesi Çağıl köyünde çiftçi tarlasında yapılmıştır. Deneme ekiminde persel alanı; 4,2 m<sup>2</sup> (1.2 m x 3.5 m), olacak şekilde ekim mibzeri kullanılarak yapılmıştır. Ekimde tohumluk miktarı bin tane ağırlıklarına göre m<sup>2</sup>'ye 500 tohum gelecek şekilde hesaplanmıştır. Deneme alanında 23 Şubat 2021 tarihinde tarla faresi tespit edilmiş olup zehirli buğday kullanılarak kimyasal mücadelesi yapılmıştır. Sıvı gübresinin dozları ve uygulama zamanları farklılık göstermiştir.

**1. Uygulama:** Taban gübrelemesinde (20-20-0/N-P-K) ve kontrol üst gübrelemesinde ise bayrak yaprağın çıktığı dönemde %46 üre uygulanmıştır.

**2. Uygulama:** Taban gübrelemesinde (20-20-0/N-P-K) ve üst gübrelemesinde ise olarak bayrak yaprak çıktığında her parsele 0.020 ml sıvı gübresi uygulanmıştır.

**3. Uygulama:** Taban gübrelemesinde (20-20-0/N-P-K) ve üst gübrelemesinde olarak kardeşlenme döneminde her parsele 0.041 ml, bayrak yaprak çıktığında da 0.020 ml sıvı gübresi uygulanmıştır. Deneme parselleri 8 Haziran 2021 tarihinde persel biçerdöveriyle hasat işlemi yapılmıştır.

### 2.4 Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada; başaklanma süresi (BS), bitki boyu(BB), metrekarede başak sayısı(M<sup>2</sup>BS), başakta başakçık sayısı (BBS), başak uzunluğu (BU), başakta tane sayısı (BTS), tane verim (TV), bin tane ağırlığı (BTA), hektolitre ağırlığı (HA), camsılık oranı (CO), protein oranı (PO), yaş glüten oranı (YGO) ve rutubet oranı(RO) üzerinde incelemeler yapılmıştır. Araştırmaya ait veriler J.M.P 5.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) programında Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre analizleri yapılmış, ortalamalar A.Ö.F. testi ile gruplandırılmıştır. Ayrıca Biplot analizleri Gen Stat Release 14.1 (Copyright 2011, VSN International Ltd.) program yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmadan elde edilen veriler analiz edilerek varyans analiz sonuçları çıkarılmıştır. Araştırmada incelenen özelliklerden metrekarede başak sayısı, bitki boyu, başak uzunluğu, başak verimi, hektolitre, protein, yaş glüten ve tane verimi üzerine sıvı gübre uygulamasının etkisi istatistiki açıdan önemli, diğer parametreler üzerine etkisi ise önemsiz olduğu anlaşılmıştır (Tablo 3 ve Tablo 4).

Başaklanma süresi bakımından varyasyon kaynaklarından çeşit %1'e göre önemli, uygulama ile çeşit\*uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu anlaşılmıştır (Tablo 3). Başaklanma Burgos çeşidinde 118 gün, Güneyyıldızı çeşidinde 117 gün ve Sümerli çeşidinde 116 günde tamamlanmıştır. Başaklanma Sümerli çeşidinde daha erken tamamlanmıştır (Tablo 4). Yapılan benzer çalışmalarda, Kendal [10], yaptığı çalışmada uygulamalara bağlı olarak başaklanma süresinin Diyarbakır'da 114, Elazığ' da ise 122 günde tamamlandığını, Coşkun ve Öktem [11], Harran ovasında sulu koşullarda bu sürenin 102,7-105,87 gün arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda azotun erken dönemde kullanılması ile buğday bitkisi ilk gelişme dönemlerinde yeterli azotu bulabildiğinden vejetatif gelişmesini artırdığını ve buna bağlı olarak ta başaklanma süresinin uzadığını, aksi durumda buğday bitkisi topraktan azot ve diğer besin maddelerini karşılayamadığı için kardeşlenmenin azaldığını ve buna bağlı olarak başaklanma süresinin kısaldığını bildirmişlerdir [11, 12].

**Tablo 3.** Parametrelerin analiz sonuçları (Kareler toplamı)

Varyasyon Kaynakları	Çeşit	Hata 1	Uygulama	Çeş x Uyg	Hata 2	Toplam	D.K.(%)
Serbestlik Derecesi	2	9	2	4	18	35	
Başaklanma süresi	41,17**	6,25	466,67	0,67	16,00	68,75	0,76
Metrekarede başak sayısı	30187,6	58981,6	14968,8**	4080,38	19607,03	127825,48	0,81
Bitki boyu	601,75*	180,78	94,50*	67,91	143,11	1088,04	2,78
Başak uzunluğu	0,58	10,56	6,39**	0,74	3,68	21,96	5,97
Başakta başakçık sayısı	8,06	225,25	22,59	22,05	87,68	365,63	5,46
Başakta tane sayısı	853,40	2025,44	1467,64**	107,38	1622,45	6076,31	16,4
Başak verimi	3,73	554,62	154,61*	4,63	140,61	858,19	10,96
Tane verimi	6,03	12,64	2,48**	1,53	3,34	26,02	7,24
Bin tane ağırlığı	157,26	141,84	14,80*	15,97	53,36	383,23	3,86
Hektolitre ağırlığı	34,29**	18,32	4,81*	2,13	11,80	71,35	0,97
Yaş gluten oranı	145,26	579,71	84,19**	6,07	114,90	930,13	7,65
Camsılık oranı	0,39	33,25	5,72	2,61	21,00	62,97	1,09
Protein oranı	28,67	113,97	15,89*	1,24	22,45	182,22	8,68
Tane rutubeti	2,67*	2,01	0,11	0,23	0,60	5,64	2,27

\*:p<0.05, \*\*:<0.01, öd:önemli değil

Başaklanma süresi genotiplerin erme süreleri ile ilişkili bir parametre olup erken başaklanan genotiplerin önce hasat olum sürecine girdiği bildirilmektedir [13]. Bu bağlamda Mardin koşullarında aynı yıl içindeki münavebe için başaklanma süresi oldukça önemli bir faktör olup erken başaklanma erkencilik için çok önemlidir. Başaklanma süresinin uzun sürede gerçekleşmesi verime katkı sağlayabildiği ancak determinasyon katsayısının düşük olması nedeniyle yüksek verimin bir göstergesi olarak sayılamayacağı bildirilmektedir [14].

**Tablo 4.** Çalışmada gözlemlenen parametrelere ait veriler

Başaklanma Tarihi	ÇEŞİTLER	Uygulamalar				m <sup>2</sup> 'de Başak Sayısı	Uygulamalar			
		Kont.	Tek Uyg	İki Uyg	Ort.		Kont.	Tek Uyg	İki Uyg	Ort.
	Burgos	118	119	118	<b>118 A</b>		355	351	399	<b>368</b>
	Güneyyıldızı	117	117	117	<b>117 B</b>		364	396	437	<b>399</b>
	Sümerli	115	116	116	<b>116 C</b>		440	421	457	<b>439</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>117</b>	<b>117</b>	<b>117</b>			<b>386 B</b>	<b>389 B</b>	<b>430 A</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 0,77. Uyg.:0,81. Çeş. x Uyg: 1,40					Çeşit: 4,7. Uyg.:0,39. Çeş. x Uyg: 49,0				
Bitki boyu	Burgos	95	96	101	<b>97 B</b>	Başak Uzunluğu	7,3	7,0	8,3	<b>7,5</b>
	Güneyyıldızı	105	106	110	<b>107 A</b>		7,4	7,6	8,1	<b>7,7</b>
	Sümerli	102	98	100	<b>100 B</b>		7,3	7,0	8,0	<b>7,4</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>101 B</b>	<b>100 B</b>	<b>104 A</b>			<b>7,5 B</b>	<b>7,2 B</b>	<b>8,2 A</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 4,14. Uyg.:2,12. Çeş. x Uyg: 4,49					Çeşit: 1,0. Uyg.:0,39. Çeş. x Uyg: 0,67				
Baş. Başçık Sayısı	Burgos	21,1	19,9	20,2	<b>19,9</b>	Baş. Tane Sayısı	51	44	59	<b>52</b>
	Güneyyıldızı	19,8	20,5	20,5	<b>20,3</b>		62	57	73	<b>64</b>
	Sümerli	19,7	20,1	21,7	<b>20,5</b>		52	55	68	<b>58</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>19,8</b>	<b>20,8</b>	<b>20,7</b>			<b>55 B</b>	<b>52 B</b>	<b>67 A</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 4,62. Uyg.:1,89. Çeş. x Uyg: 3,28					Çeşit: 13,9. Uyg.:8,14. Çeş. x Uyg: 14,10				
Başak verimi	Burgos	24,9	24,4	28,6	26,0	Bin Tane Ağırlığı	46,9	46,9	46,3	<b>46,7 A</b>
	Güneyyıldızı	25,0	22,8	28,0	25,2		43,1	39,7	42,4	<b>41,7 B</b>
	Sümerli	24,2	23,4	28,6	25,4		45,9	44,6	45,4	<b>45,3 AB</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>24,7 B</b>	<b>23,5 B</b>	<b>28,4 A</b>			<b>45,3</b>	<b>43,8</b>	<b>44,7</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 7,25. Uyg.:2,40. Çeş. x Uyg: 4,15					Çeşit: 3,67. Uyg.:1,18. Çeş. x Uyg: 2,56				
Hektolitre	Burgos	84,0	83,5	83,3	83,6	Protein Oranı	12,0	12,9	13,6	12,8
	Güneyyıldızı	82,6	81,0	81,4	81,6		12,9	14,0	15,0	14,0
	Sümerli	84,1	83,8	83,5	83,8		11,4	11,6	12,5	11,8
	<b>Ortalama</b>	<b>83,5 A</b>	<b>82,8 B</b>	<b>82,8 B</b>			<b>12,1 B</b>	<b>12,8 AB</b>	<b>13,7 A</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 1,32. Uyg.:0,69. Çeş. x Uyg: 1,20					Çeşit: 13,9. Uyg.:8,14. Çeş. x Uyg: 14,10				
Yaş Gluten	Burgos	31,0	33,1	34,7	<b>32,9</b>	Tane Verimi	633,3	618,0	635,4	<b>628,9</b>
	Güneyyıldızı	33,1	35,6	37,9	<b>35,6</b>		566,5	461,5	582,0	<b>536,7</b>
	Sümerli	29,6	30,1	32,3	<b>30,6</b>		641,5	591,8	617,5	<b>616,9</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>31,2 B</b>	<b>32,9 AB</b>	<b>35,0 A</b>			<b>613,8 A</b>	<b>557,1 B</b>	<b>612,0 A</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 7,41. Uyg.:2,17. Çeş. x Uyg: 3,75					Çeşit: 109,4. Uyg.:36,9. Çeş. x Uyg: 64,0				
Camsılık (%)	Burgos	99,0	98,8	97,8	98,5	Tane rutubeti	8,4	8,5	8,3	<b>8,4 A</b>
	Güneyyıldızı	98,8	98,5	97,8	98,3		7,9	7,6	7,7	<b>7,7 C</b>
	Sümerli	98,3	99,3	98,3	98,6		8,3	8,1	8,1	<b>8,1 B</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>98,7</b>	<b>98,8</b>	<b>97,9</b>			<b>8,2</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	
AÖF(0,05)	Çeşit: 1,10. Uyg.:0,93. Çeş. x Uyg: 1,60					Çeşit: 0,44. Uyg.:0,16. Çeş. x Uyg: 0,27				

Metrekarede başak sayısı bakımından uygulamanın % 1'e göre önemli, çeşit ile çeşit\* uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 3). Metrekarede başak sayısı Burgos çeşidinde 368 adet, Güneyyıldızı çeşidinde 399 adet ve Sümerli çeşidinde 439 adet olarak bulunmuştur (Tablo 4). Yapılan benzer çalışmalarda metrekarede başak sayısının; Kanat [14], 295-437 adet arasında, Öner ve Kendal [15], 190-330 adet arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında 386 adet/m<sup>2</sup>, tek sıvı azot uygulamasında 389 adet/m<sup>2</sup>, iki sıvı azot uygulamasında ise 430 adet/m<sup>2</sup> olarak tespit edildiği ve sıvı azot uygulamalarına paralel olarak metrekarede başak sayısının arttığı görülmektedir. Yapılan benzer çalışmalarda; Ulupınar [16], azot dozlarına göre m<sup>2</sup>'deki başak sayısının 253,44-365,75 adet arasında değişkenlik gösterdiğini, azot



dozlarının artmasıyla birlikte metrekaredeki başak sayısının da arttığını bildirerek çalışmamızın sonuçlarını teyit etmektedir. Metrekarede başak sayısı bir verim göstergesi olup metrekarede başak sayısı fazla olan genotiplerin yüksek verimli oldukları bildirilmektedir [17]. Farklı uygulamalar ve farklı genotiplerle yapılan çalışmalarda metrekarede başak sayısının farklı olabileceği ve metrekarede başak sayısının hem uygulamalardan hem de genotiplerin genetik özelliğinden etkilendiği söylenebilir.

Bitki boyu bakımından varyasyon kaynaklarından çeşit ile uygulama  $p < 0,5$  seviyesinde önemli, çeşit\* uygulama interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). Bitki boyu Burgos çeşidinde 97 cm, Sümerli çeşidinde 100 cm ve Güneyyıldızı çeşidinde 107 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Araştırmada Güneyyıldızı çeşidi en çok boylanmış çeşit olmuştur. Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında bitki boyu 101 cm, tek sıvı azot uygulamasında 100 cm, iki sıvı azot uygulamasında ise 104 cm olarak tespit edildiği ve sıvı azot uygulamalarına paralel olarak bitki boyunun arttığı görülmektedir. Yapılan benzer çalışmalarda Coşkun [17], uygulanan azot dozu ve uygulama zamanının bitki boyu üzerinde önemli etki ettiğini en düşük bitki boyunun 0 kg/da N dozunda 72 cm, en yüksek bitki boyunun ise 18 kg/da N gübre dozunda 86,47 cm olarak ölçmüştür. Tepecik *et al.* [18], Aydın Söke’de yaptıkları çalışmalarında uygulamaların bitki boyuna önemli etki ettiğini, en yüksek bitki boyunun azotlu parsellerden, en düşük bitki boyunun ise azotsuz uygulamalardan elde edildiğini ve artan azotlu dozlarında bitki boyunun önemli ölçüde arttığı bildirmişlerdir. Ulupınar [16], yaptıkları çalışmada, azot doz uygulamalarının ve çeşitlerin bitki boyundaki etkisi önemli bulunmuş olup en yüksek bitki boyu 10 kg/da azot dozunda 87,95 cm’de, en düşük bitki boyu 0 kg/da azot dozunda 81,12 cm’de belirlemişlerdir. Denemede yer alan uygulamaların bitki boyları ile ilgili sonuçlarının Tepecik *et al.* [18], tarafından bildirilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Bitki boyu, türün genetiğine bağlıdır ancak aynı zamanda yetiştirme teknikleri ve iklim değerlerine göre de değişir. Genelde azot uygulamalarının bitki boyu üzerindeki etkisi büyük olup, azotun bitki boyunu artırıcı etkisi birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir [16]. Bu çalışmanın sonuçlarının diğer araştırmacıların sonuçlarıyla örtüştüğü görülmektedir.

Başak uzunluğu bakımından uygulama % 1’e göre önemli, çeşit ile çeşit\* uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 3). Başak uzunluğu 7,4 cm ile en kısa ç Sümerli çeşidinde, 7,7 cm ile en uzun Güneyyıldızı çeşidinde ölçülmüştür (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında başak uzunluğu 7,5 cm, tek sıvı azot uygulamasında 7,2 cm, iki sıvı azot uygulamasında ise 8,2 cm olarak tespit edildiği ve sıvı azot uygulamalarına paralel olarak başak boyunun arttığı görülmektedir. Yapılan benzer çalışmalarda Tepecik ve ark. [18] farklı azotlu gübreleri ve uygulama zamanları ile yürüttükleri çalışmada başak boyunun 4,45-6,24 cm arasında değiştiğini ve yüksek değeri artan azot dozundan elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayhan [19], Kimyasal gübre, kompost gübre ve Leonordite gübre olmak üzere farklı gübre uygulamaları yaptığı çalışmada ortalama başak

uzunluklarını 6,70 cm, 6,71 cm ve 6,66 cm olarak tespit etmiştir. Ünsal [20], farklı fosfor ve azot dozları uyguladığı çalışmasında en yüksek değeri  $P_{12}N_{20}$  olarak uyguladığı parselden başak uzunluğunu 8.62 cm olarak elde etmiş olup, artan fosfor ve azot dozlarının uygulamalar ve çeşitler üzerinde önemli etki yarattığını bildirmiştir. Atıcı [21], artan azot dozlarının başak uzunluğuna etkisinin önemli olduğunu bildirmiştir. Başak uzunluğu tane verimini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Başağın uzun olması fotosentez kapasitesini, başakçıkların başaktaki sayısını artırır bu sebeple verim olumlu etkilenir. Araştırmacıların yaptığı denemeler baz alındığında yaptığımız çalışmaya paralellik gösterdiğini artan gübre dozlarının başak uzunluğuna olumlu etki yaptığı görülmektedir.

Başakta başakçık sayısı bakımından varyasyon kaynaklarından çeşit, uygulama ve çeşit\*uygulama interaksiyonlarının tümü önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). Burgos çeşidinde 19,9 adet/başak, Güneyyıldızı çeşidinde 20,3 adet/başak ve Sümerli çeşidinde ise 20,5 adet/başak olarak sayılmıştır (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında başakta başakçık sayısı 19,8 adet, tek sıvı azot uygulamasında 20,8 adet, iki sıvı azot uygulamasında ise 20,7 adet olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda Akman ve Topal [22], farklı şekillerde uyguladıkları ürenin başakta başakçık sayısı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığını bulmuşlardır. Ayhan [19], çalışmasında uygulanan farklı gübre formları ile azot dozları arasındaki etkileşimlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bulmuştur. Bu çalışmaların bulguları ile yaptığımız araştırmadan elde ettiğimiz bulgular arasında benzerlik olduğu gözlemlenmiştir.

Başakta tane sayısı bakımından varyasyon kaynaklarından çeşit ile interaksiyon önemsiz, uygulama ise  $p < 0.01$  seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3). Burgos çeşidinde 52, Güneyyıldızı çeşidinde 64 adet ve Sümerli çeşidinde 58 adet bulunmuştur. Başakta tane sayısı en fazla Güneyyıldızı çeşidimizden elde edilmiştir (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında başakta tane sayısı 55 adet, tek sıvı azot uygulamasında 52 adet, iki sıvı azot uygulamasında ise 67 adet olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda, Ünsal [20], farklı dozlarda uyguladığı azot ve fosforun başakta tane sayısında azotun en yüksek dozda uygulandığı  $P_4N_{20}$  (50.54 adet) uygulamasından, en düşük başakta tane sayısını da fosforun uygulanmadığı  $P_0N_0$  (42.46 adet) uygulamalardan elde etmiştir. Ünsal yaptığı çalışmayla artan azot ve fosfor dozlarının başakta tane sayısını artırdığını bildirmiştir. Ulupınar [16], azotlu gübre dozlarının başakta tane sayısını artırdığını, çeşitlere göre değerler baz alındığında başakta tane sayısının 32,69 adet ve 43,60 adet olarak değiştiğini, en yüksek değere 10 kg/da N dozundan 40,77 adet olarak elde etmişlerdir. Yaptığımız çalışmanın bulguları; diğer araştırmacıların yaptığı çalışmaların bulguları ile paralellik göstermekle birlikte artan gübre dozlarının metrekarede başak sayısını artırdığını ve metrekaredeki başak sayısının verimi doğrudan etkileyip başakta tane sayısına olumlu etki ettiği görülmüştür [23,24]. Artan gübre dozu ile başakta tane sayısının daha fazla olması,

buğdayın toprakta yeterli besin olduğunda daha fazla tane ürettiğinin ve artan gübre dozu ile bu değerleri artırdığını göstermektedir.

Başak verimi bakımından uygulama % 5'e göre önemli, çeşit ile çeşit\*uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmektedir (Tablo 3). Başak verimi Burgos çeşidinde 26 g/başak, Güneyyıldızı çeşidinde 25,2 g/başak, Sümerli çeşidinde 25,4 g/başak olarak elde edilmiştir (Tablo 4). En yüksek başak verimi Burgos çeşidinde tespit edilmiştir. Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında başak verimi 24,7 g, tek sıvı azot uygulamasında 23,5 g, iki sıvı azot uygulamasında ise 28,4 g olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda, Öner ve Kendal [15], 0.34-2.94 g, Kılıç ve ark. [25], 0.90-1.91 gr başak verimi elde etmişlerdir. Çalışmamız sonucunda başak verimi ile diğer başak özellikleri arasında ters bir ilişki ortaya çıkmıştır. Başaktaki başakçık ve tane sayısı arttıkça taneler iyi olgunlaşmamış bu durumun başak verimini düşürdüğü tahmin edilmektedir.

Bin tane ağırlığı bakımından çeşit % 5'e göre önemli, uygulama ve çeşit\*uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 3). Bin tane ağırlığı Burgos çeşidinde 46,7 g, Güneyyıldızı çeşidinde 41,7 g, Sümerli çeşidinde 45,3 g olarak elde edilmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Burgos çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında bin tane ağırlığı 45,3 g, tek sıvı azot uygulamasında 43,8 g, iki sıvı azot uygulamasında ise 44,7 g olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda Ayhan [19], kimyasal gübre uyguladığı denemesinde 35.56-42,68 g, kompost gübrede 36,89-40,86 g, leonardit gübrede ise bin tane ağırlığının 37,86-40,84 g aralığında değiştiğini belirlemiştir. Ünsal [20], farklı azot ve fosfor uygulamaları yaptığı çalışmasında bin tane ağırlığını 23,00-45,69 g arasında belirlemiştir. Tepecik *et al.* [18], 29,93 g- 37,46 g arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Özkan *et al.* [5], yaptıkları çalışmalarında azot dozlarının artmasıyla bin tane ağırlıkları ve hektolitre ağırlıkları dışındaki tüm özelliklerde doz artışına paralel olarak artışa neden olduğunu raporlamışlardır.

Hektolitre ağırlığı bakımından çeşit % 1'e, uygulama %5'e göre önemli, çeşit\*uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 3). Hektolitre ağırlığı Burgos çeşidinde 83,6 kg/hl, Güneyyıldızı çeşidinde 81,6 kg/hl, Sümerli çeşidinde 83,8 kg/hl elde edilmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Sümerli çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında hektolitre ağırlığı 83,5 kg/hl, tek sıvı azot uygulamasında 82,8 kg/hl, iki sıvı azot uygulamasında da 88,8 kg/hl olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarında; Özkan *et al.* [5], 87.74 kg/hl-85.89 kg/hl olarak hektolitre ağırlığını belirlemişlerdir. Ayhan [19], 3 farklı gübre uygulaması yaptığı çalışmasında hektolitre ağırlığını 80,30 kg, 80,50 kg ve 80,70 kg olarak bulmuş olup, çalışmamıza benzer olarak artan gübre dozlarının hektolitre ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğunu raporlamıştır. Akman ve Topal [22], yaptığı çalışmasında farklı şekillerdeki uyguladığı üre uygulamasında hektolitre ağırlığı 85,53 kg/hl-86,12 kg/hl arasında değiştiğini ve üre uygulamalarının

hektolitreye ağırlığı üzerine etkisini istatistiksel olarak önemli bulmadıklarını bildirmişlerdir. Hektolitreye ağırlığı, ticari olarak kullanılan buğday çeşitlerinde aranan önemli bir fiziksel kalite unsuru olup hektolitreye ağırlığının tanenin iriliği, yoğunluğu, büyüklüğü, boyutu ve dolgunluğuna etki ettiğini bildirmiştir [26]. Genel olarak artan gübre dozu ile hektolitreye ağırlığında önemli bir artış olmazken, gübre uygulanan parsellerde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bundan, buğday bitkisinin tam taneler oluşturması için bitkinin ihtiyaç duyduğu makro ve mikro besin elementlerinin kesinlikle gerekli olduğu görülmektedir. Araştırmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarımız diğer araştırmacıların sundukları sonuçlar ile uyum içerisindedir.

Protein oranı bakımından sıvı gübre uygulaması istatistiksel açıdan  $p < 0,5$  seviyesinde önemli, çeşit ve interaksiyon ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). Protein oranı Burgos çeşidinde %12,8, Güneyyıldızı çeşidinde %14,0, Sümerli çeşidinde %11,8 olmuştur. Protein oranı en yüksek çeşit Güneyyıldızı çeşidi olmuştur (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında protein oranı %12,1, tek sıvı azot uygulamasında %12,8, iki sıvı azot uygulamasında da %13,7 olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda birçok araştırmacı gübre dozlarının protein oranını etkilediğini bildirmişlerdir [16,27,19,24] kimyasal, leonardit, kompost gübre uyguladığı çalışmada protein oranlarını 16,5, 16,4, 16,4 olduğunu bildirmiştir. Belirtilen araştırmaların bulguları ile araştırmamızın bulguları uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Buğday bitkisinde protein oranı en önemli kalite özelliklerinden biridir. Gübre dozu arttıkça protein oranı artmıştır. Gübrelemenin protein oranına olumlu katkısı, gübrenin uygulama zamanına ve miktarına ve ortama bağlı olarak değişmektedir.

Yaş gluten oranı bakımından uygulama %1'e göre önemli, çeşit ile çeşit\*uygulama etkileşimi önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 3). Yaş gluten oranı Burgos çeşidinde %32,9, Güneyyıldızı çeşidinde %35,6, Sümerli çeşidinde %30,6 olmuştur (Tablo 4). Yaş gluten oranı en yüksek çeşit Güneyyıldızı çeşidi olmuştur. Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında yaş gluten oranı %31,2, tek sıvı azot uygulamasında %32,9, iki sıvı azot uygulamasında da %35,0 olarak tespit edilmiştir. Tablo 4'te görüldüğü gibi sıvı azot uygulaması arttıkça yaş gluten oranı artmıştır. Makarnalık buğday çeşitlerinde istenilen özelliklerden biri de yaş gluten oranının yüksek olmasıdır. Yapılan benzer çalışmalarda Kızılgöçü *et al.* [4], yaş gluten oranını %34,56- 39,91 aralığında ve azot dozunun artmasıyla yaş gluten miktarının da arttığını bildirmişlerdir. Ayhan [19], yaş gluten oranını %33,38- 41,83, bulduğunu ve gübre uygulaması arttıkça yaş gluten oranının arttığını, Öner ve Kendal [15], %22,2- 30,1 aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Tane verimi bakımından uygulama %1'e göre önemli, çeşit ile çeşit\* uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 3). Tane verimi Burgos çeşidinde 628,9 kg/da, Güneyyıldızı çeşidinde 536,7 kg/da, Sümerli çeşidinde 616,9 kg/da olduğu görülmektedir. Tane verimi en yüksek Burgos çeşidinde görülmüştür (Tablo 4). Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında tane

verimi 613,8 kg/da, tek sıvı azot uygulamasında 557,1 kg/da, iki sıvı azot uygulamasında da %612,0 kg/da olarak tespit edilmiştir. Araştırmada sıvı azot uygulama sayısı arttıkça dekara verimin de arttığı görülmektedir. Yapılan benzer çalışmalarda Ünsal [20], yaptığı çalışmasında azot ve fosfor dozunun dane verimine olumlu katkı sağladığını bildirmiştir. Birsin [28], artan azot dozunun tane verimine olumlu katkı yaptığını bildirmiştir. Ayrıca Kanat [14]' yaptığı araştırmada 444,7- 597,0 kg/da, diğer bir çalışmada 522,35-654,33 kg/da, aralığında değiştiğini bildirmektedirler [29]. Tane verimi daha çok genotiplerin genetik özelliğinden ve çevrenin etkisinden etkilendiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [30].

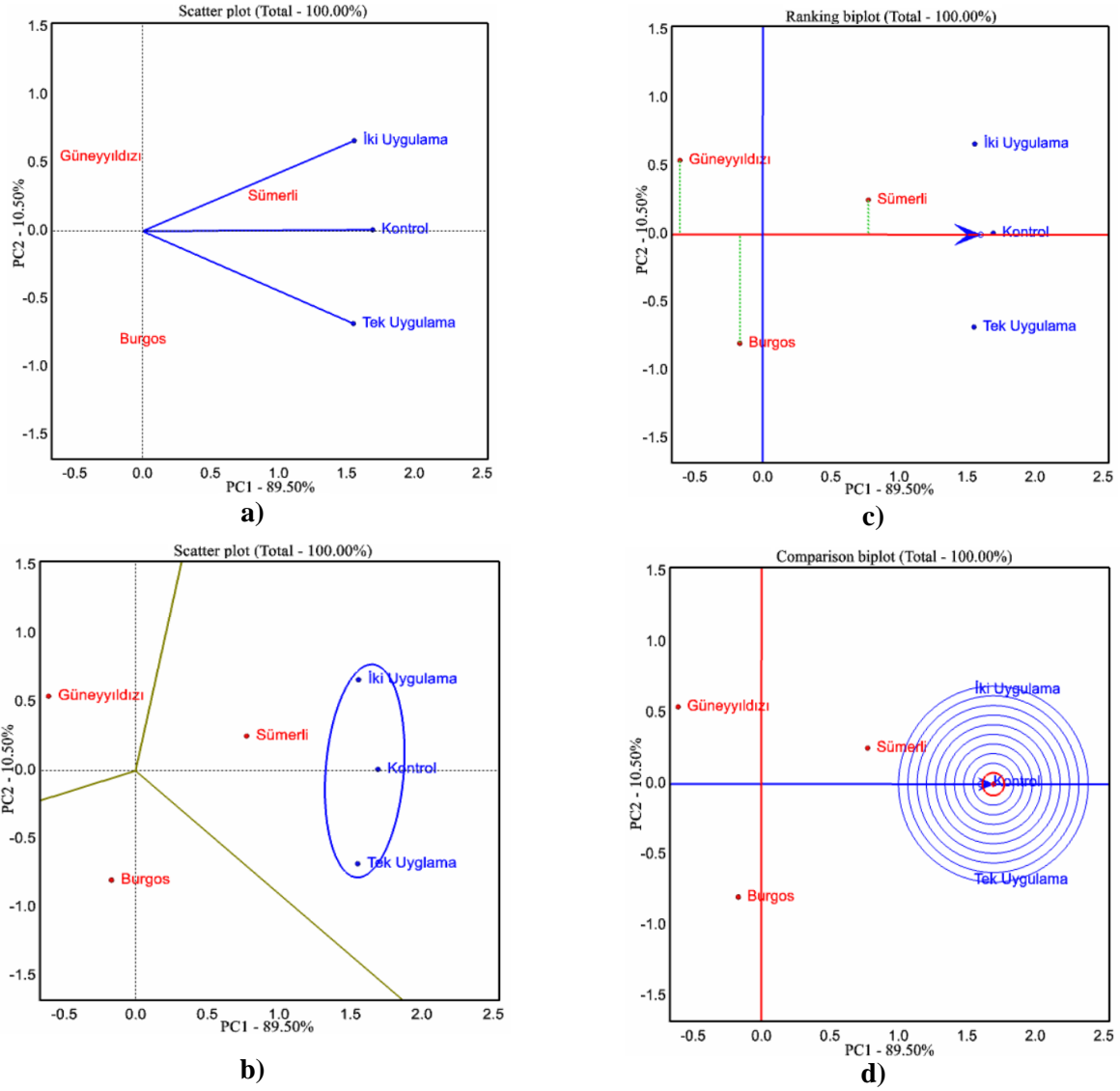
Camsılık oranı bakımından varyasyon kaynaklarından çeşit, uygulama ve çeşit\*uygulama interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Sıvı gübrenin farklı uygulama zamanları ve dozlarının camsılık oranı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 3). Tane camsılık oranı Sümerli çeşidinde %98,6, Burgos çeşidinde %98,5, Güneyyıldızı çeşidinde ise %98,3 olarak bulunmuştur (Tablo 4). Camsılık oranı en yüksek çeşit Sümerli çeşidi olmuştur. Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında camsılık oranı %98,7, tek sıvı azot uygulamasında %98,8, iki sıvı azot uygulamasında da %97,9 olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda Öner ve Kendal [15], camsılık oranını %72,8-97,0, Akman ve Topal [22] %83,00 - %99,00 oranında tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilerde görüldüğü gibi genel olarak, yetiştirme sezonu boyunca yağışın az olması nedeni ile tanedeki camsılık oranı buna bağlı olarak artmıştır. Bulgularımız benzer şartlarda yürütülen çalışmalardan elde edilen bulgularla uyum içerisindedir.

Tane rutubet oranı bakımından varyasyon kaynaklarından çeşit, %5'e göre önemli, uygulama ile çeşit\*uygulama etkileşimi ise önemsiz olduğu görülmektedir (Tablo 3). Tane rutubet oranı Burgos çeşidinde %8,4, Güneyyıldızı çeşidinde %7,7, Sümerli çeşidinde ise %8,1 olarak bulunmuştur (Tablo 4). Tane rutubet oranı en düşük çeşit Güneyyıldızı çeşidi olmuştur. Ayrıca uygulama dozlarında kontrol uygulamasında rutubet oranı %8,2, tek sıvı azot uygulamasında %8,0, iki sıvı azot uygulamasında da %8,0 olarak tespit edilmiştir. Sıvı azot uygulamasının artmasına karşılık rutubet değerlerinde bir azalma söz konusudur. Azot bitkideki gelişmeyi teşvik ettiği için bitkilerin geç hasada gelmesine sebep olmaktadır. Aynı dönemde yapılan deneme hasadında geç kuruyan başaklardaki rutubet oranı daha yüksek olmaktadır. Erken hasat için daha az azot uygulaması yapmak gerekmektedir.

### 3.1 Çeşit x Sıvı Gübre Uygulamaları Arasındaki İlişkilerin Biplot Analizi İle İncelenmesi

Biplot tekniği ile çeşit x sıvı azot gübresi uygulamaları arasındaki ilişki görsel olarak farklı açılardan grafiklerle incelenebilmektedir (Şekil 1-a, b, c, d). Yapılan analizde iki boyutlu PCA skoru sırasıyla PC2 %89,50 ve PCI %10,50' lik bir payını oluşturmuştur. Vektörler arasındaki açı değeri ( $>0$ - $<90^\circ$ ) azaldıkça olumlu, açı değeri ( $90^\circ$ -- $<180^\circ$ ) arttıkça olumsuz bir ilişki olduğunu bildirmiştir [31]. Yapılan incelemede vektör uzunlukları aynı olduğu için kontrol ve iki sıvı azot uygulamasının çeşitler üzerindeki etkisi birbirine yakın olmuştur. Ancak Sümerli çeşidi diğer iki çeşide göre hem kontrol hem de sıvı azot uygulamalarına, Güneyyıldızı çeşidi iki defa yapılan sıvı azot uygulamasına Burgos çeşidi ise tek sıvı azot uygulamasına daha fazla tepki vermiştir (Şekil 1-a).Sektör analizi (Şekil 1), tüm özelliklere ait ortalama veriler kullanılarak grafikte merkezden kenarlara doğru grafiği bölen sektörler oluşturularak çeşitler ile uygulamalar arasında nasıl bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca uygulamaları gruplara ayırarak hangi uygulamalar arasında farklılığın olup-olmadığını göstermektedir (Şekil 1-b). Sektör analizinde de görüldüğü gibi her çeşit ayrı sektörde yer alırken Sümerli çeşidi hem kontrol hem de sıvı azot uygulamaları ile aynı sektörde yer almıştır. Bu nedenle sıvı gübre uygulamasına diğer iki çeşitten daha fazla tepki göstermiştir (Şekil 1-b). Aynı zamanda kontrol, tekli uygulama ve ikili uygulama dozlarının aynı gruba girmesi aslında bu uygulamalar arasındaki farkın çok önemli olmadığını göstergesidir. Uygulamalar arasında farklılık olsa da aynı grupta yer almaları ekonomik anlamda aralarında önemli bir farkın olmadığını göstermektedir. Ranking biplot (Şekil 1-c) grafiği, en stabil ve en uygun genotipler iki eğri(ok ile gösterilen dikey ve yatay) ile açıklana bilmektedir.

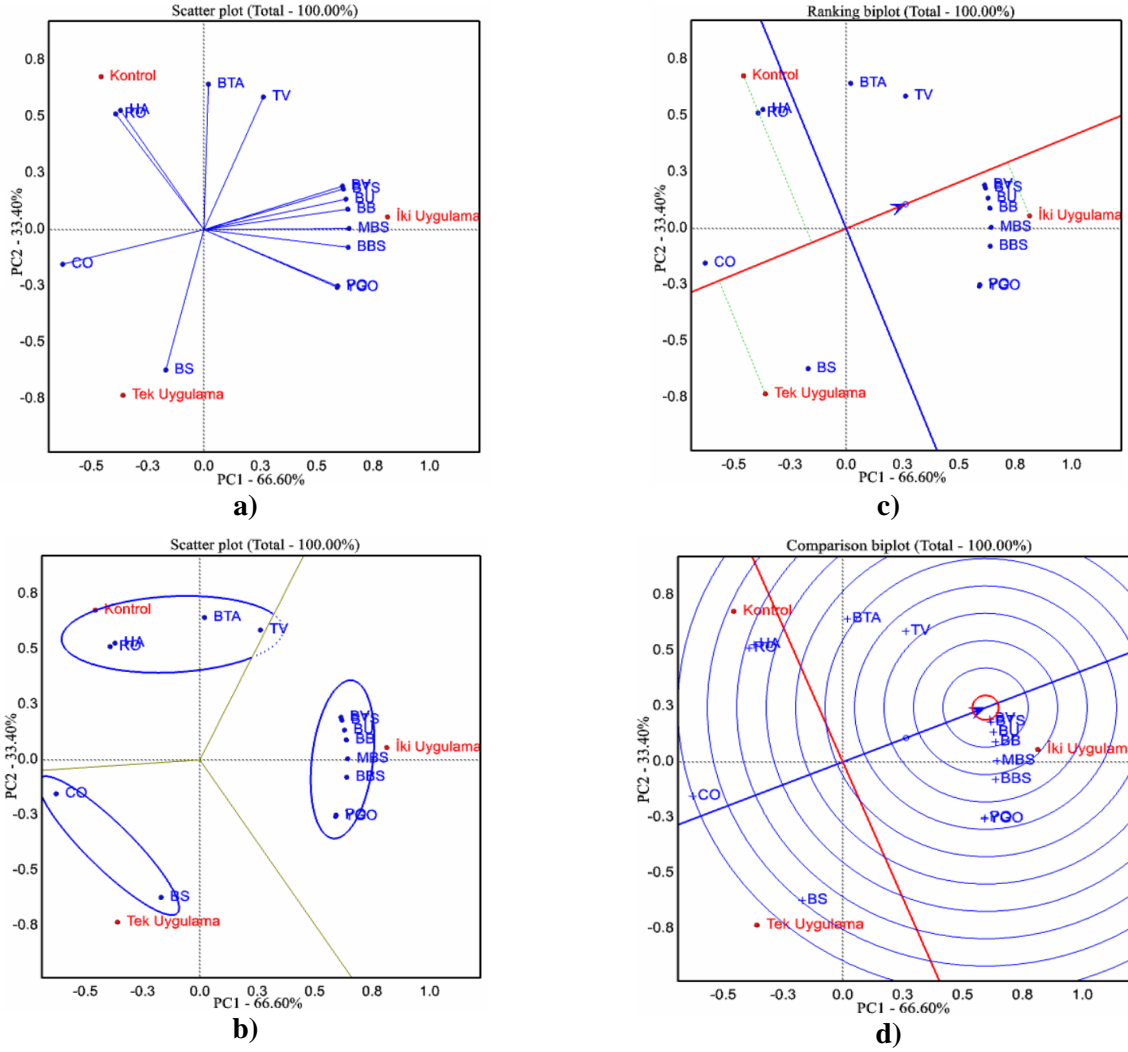
Yatay eğri uygulamalardan elde edilen verilerin ortalamasını, dikey eğri (ok ile gösterilen) ise stabilite eğrisini göstermektedir. Ranking biplot tekniğinde de Sümerli çeşidinin tüm uygulamalar bakımından diğer çeşitlere göre daha stabil olduğunu ve ortalamanın üzerinde yer alarak yüksek performansını göstermektedir (Şekil 1-c). Söz konusu model görsel olarak stabil genotipleri tespit etmek için oldukça başarılı yöntem olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [31]. Genotipler, comparison biplot (Şekil 1-d) ile ortalama veriler üzerinden oluşturulan ideal merkeze göre uygunlukları hakkında bilgi vermektedir. Bu grafiğin merkezi(ok ile belirtilen merkez) en ideal bölge olup genotipler bu bölgeye göre sıralanmaktadır [32]. Kırmızı renk ile belirtilen eğri ortalamayı göstermekte ve çeşitlerin performansı bu ortalamaya göre belirlenmektedir. Comparison görselinde de Sümerli çeşidinin ideal merkeze en yakın çeşit konumunda olduğu için diğer iki çeşide göre daha ideal olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1-d).



Şekil 1. Biplot analizi ile çeşitler ile sıvı azot uygulamaları arasındaki ilişkilerin farklı görsellerle gösterilmesi

### 3.2 Sıvı Gübre Uygulamaları ile Özellikler Arasındaki İlişkilerin Biplot Analizi İle İncelenmesi

Biplot tekniği ile çeşit x sıvı azot gübresi uygulamaları arasındaki ilişki görsel olarak farklı açılardan grafiklerle incelenebilmektedir (Şekil 2-a, b, c, d).



**Şekil 2.** Biplot analizi ile sıvı azot uygulamaları ile incelenen özellikler arasındaki ilişkilerin farklı görsellerle gösterilmesi

Yapılan analizde iki boyutlu PCA skoru sırasıyla PC2 %66,60 ve PC1 %33,40' lık bir payını oluşturmuştur. İncelenen parametreler kontrol ve sıvı azot uygulamalarına göre grafik üzerinde farklı yerlerde kümelenmiştir (Şekil 2). İki ayrı dönemde uygulanan sıvı azotun PO, YGO, BBS, MBS, BB, BU, BTS ve BV üzerinde etkili olduğu, tek sıvı azot uygulaması BS ve CO, sıvı azotun uygulanmadığı kontrol dozunun ise BTA, TV, HA ve RO oranı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2-a). Sektör analizinde özellikler ile uygulamalar arasındaki ilişkide toplam 3 sektör oluşmuş ve her bir uygulama ile bazı özellikler farklı sektörlerde yer almışlardır. Kısacası hangi özellikler ile hangi uygulamalar aynı sektörde yer almış ise ilgili uygulamanın belirtilen özellikler bakımından iyi sonuçlara sahip olduğunu göstermektedir [33] (Şekil 2-b). Ranking biplot görselinde iki dönemde uygulanan azot dozunun tüm özellikler bakımından kontrol ve tek uygulamaya göre daha stabil olduğu görülmektedir (Şekil 2-c). Kontrol ve tek sıvı azot uygulamasının özellikler üzerindeki etkisi oldukça düşük olduğu bu yüzden ortalama eğrinin (dikey) altında yer aldıkları görülmektedir. Comparison biplot görselinde de iki dönemde uygulanan sıvı azot uygulamasının ortalama veriler üzerinde oluşturulan ideal merkeze en



yakın bölgede yer aldığı ve dolayısıyla tüm özellikler için iki ayrı dönemde azot dozunun önerilebileceği görülmektedir. Kontrol ile tek sıvı azot uygulamasının özelliklere olan etkileri oldukça düşük olduğu için ortalama eğrinin (dikey) altında yer aldıkları görülmektedir. Uygulanan azot dozları ile özellikler arasındaki ilişkiyi göstermek için bazı araştırmacılar farklı bitkilerde kullanmış ve etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir [33,34].

#### **4. SONUÇLAR**

Bu araştırma, Kızıltepe koşullarında sıvı azot gübresinin farklı zamanlarda uygulanması ile makarnalık buğdayda verim ve kalite üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçları birden fazla sıvı azot uygulamasının makarnalık buğday çeşitlerinden Sümerli çeşidinde etkisini daha belirgin bir şekilde göstermiş ve özellikle kalite sonuçlarını olumlu yönde etkilemiştir. Özellikle iki defa sıvı azot uygulamasının makarnalık buğdayda verim ve verim özelliklerini iyileştirmek için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca biplot analizlerinden elde edilen görseller de bu sonuçları teyit etmiştir. Son zamanlarda farklı karışımlara sahip gübreler satışa sunulmaktadır. Sıvı azot gübreleri de bunlardan bazılarıdır. Bu araştırma sonuçları bu gübrelerin etkinliği ve kullanımı ile ilgili bize bazı ipuçları vermiştir. Bunda sonra makarnalık buğday yetiştiriciliğinde bu gübrelerin kardeşlenme ve bayrak yaprağın belirginleştiği dönemlerde kullanılması önerilmektedir. Ayrıca bu çalışmaların tekrarlanması bu gübrelerin kullanılması konusunda elimizi güçlendirecektir.

#### **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Bu makale Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı programında yürütülen ve 2022 yılında sonuçlandırılan yüksek lisans tezinden üretilmiş olup çıkar çatışması yoktur.

#### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yöneticileri ve Serin İklim Tahılları /Buğday Islah Şubesi çalışanlarına teşekkür ederiz.

#### **ETİK BEYANI**

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın

Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Sevda EKİN: Kavramsallaştırma, Veri toplama, Verinin düzenlenmesi, Analiz araçlarını sağlama, Yazılım, Finansman edinimi. Enver KENDAL: Kavramsallaştırma, Yazma-orijinal taslak hazırlama, Gözetim ve liderlik sorumluluğu, Yazma-gözden geçirme ve düzenleme, Görselleştirme, Analiz, İnceleme, Metodoloji, Doğrulama, Proje yönetimi, Finansman edinimi.

## KAYNAKLAR

- [1] E. Kendal, “Bazı makarnalık buğday çeşitlerinde genotip x çevre interaksiyonun kalite ile verim özelliklerine etkisi,” Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Antakya, Hatay, 2013.
- [2] R. Yeni, *Buğday Raporu*. (2022). Erişim Tarihi: 07.01.2023. [Online]. [http://www.tkv-dft.org.tr/medya/media/191\\_1656073551.pdf](http://www.tkv-dft.org.tr/medya/media/191_1656073551.pdf).
- [3] N. Öner, “Ekmeklik buğdayda yaprak gübresi uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisi,” *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt. 15, no. 3, s. 87-95, 2018.
- [4] F. Kızılgeçi, M. Yıldırım, Ö. Albayrak, F. Başdemir, C. Akıncı, “Farklı azot dozlarının makarnalık Bbuğday F2 melez kombinasyonlarında bazı kalite parametreleri üzerine etkisi,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, cilt. 5, no. 1, s. 7-14, 2016.
- [5] R. Özkan, İ. Özberk, F. Özberk, M. Bayhan, “Buğdayda azota tepki ve karlı çeşit seçimi,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt. 7, no. 2, s. 50-60, 2018.
- [6] H. Barut, S. Aykanat, E. Haklı Heybet, S. Eker, İ. Çakmak, “Toprakta ve yaprakta azot ve çinko uygulamalarının buğdayda tane çinko ve demir konsantrasyonları üzerine etkisi,” *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, s.130-139, 2019.
- [7] H. Barut, T. Şimşek, S. Aykanat, “Çinko uygulamasının makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi,” *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, cilt. 4, no. 1, s. 10-23, 2017.
- [8] U. Singh, C. S. Praharaj, S.S. Singh, A. Bohra, Y. S. Shivay, “Biofortification of pulses: Strategies and challenges,” *In Proceedings of The Second International Conference on Bio-Resource and Stress Management*, pp. 50-55, 2015.
- [9] A. Pehlivan, S. Ünver İkincikarakaya, “Makarnalık buğdayda kalite ıslah çalışmaları,” *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, cilt. 26, no. 1, s. 127-151. 2017.
- [10] E. Kendal, “Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, farklı dozlarda uygulanan çinko (ZnSO<sub>4</sub>) gübresinin makarnalık buğday çeşitlerinde verim, verim unsurları ve kalite özelliklerine etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2008.
- [11] Y. Coşkun, A. Öktem, “Farklı dozlarda ve zamanlarda uygulanan azotun makarnalık buğdayın verim ve verim unsurlarına etkisi,” *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt. 7, no. 3, s. 1-10, 2003.

- [12] A. Akkaya, *Buğday Yetiştiriciliği*. KSÜ. Gen. Yay. No:1, Ziraat Fakültesi Gen. Yay. No:1, Ders Kitapları No:1, 225 Sayfa, Kahramanmaraş, 1994.
- [13] M. Bayhan, “Diyarbakır koşullarında bazı uluslararası ileri kademe makarnalık buğday Materyalinin tarımsal özelliklerinin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2017.
- [14] Ş. Kanat, “Viranşehir’de yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin verim kalite ve pazar fiyatı yönünden değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2017.
- [15] K. Öner, E. Kendal, “Mardin ili sınırlarından toplanan yerel makarnalık buğday popülasyonlarının karakterizasyonu,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt. 11, no. 1, s. 1-1, 2022.
- [16] Ü. Ulupınar, “Isparta koşullarında makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) çeşitlerinin adaptasyonu ve farklı azot dozu uygulamalarının verim ve verim unsurlarına etkisi,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2017.
- [17] Y. Coşkun, “Farklı dozlarda ve zamanlarda uygulanan azotun makarnalık buğdayın verim ve verim unsurları üzerine etkileri,” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2003.
- [18] M. Tepecik, N.T. Barlas, E. İlker, “Farklı azotlu gübreler ve uygulama zamanlarının buğdayda verim ve verim bileşenlerine etkileri,” *Toprak Su Dergisi*, cilt. 3, no. 1, s. 24-30, 2014.
- [19] M. Ayhan, “Organomineral ve kimyasal gübre uygulamasının makarnalık buğdayda tane verimi ve kalite üzerine etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Mardin, 2021.
- [20] N. E. Ünsal, “Bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde farklı azot ve fosfor dozlarının verim ve bazı verim unsurlarına etkilerinin saptanması üzerine araştırmalar,” *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt. 16, no. 1, s. 37-47, 2012.
- [21] C. T. Atıcı, “Kimyasal ve organomineral gübre uygulamasının buğday bitkisinin verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2020.
- [22] H. Akman, A. Topal, “Makarnalık buğdayda farklı şekillerde üre uygulamasının verim, verim unsurları ve kaliteye etkisi”. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, cilt. 24, no. 3, s. 41-51, 2010.
- [23] C. F. Yıldız, R. Dogan, “Nusrat ekmeklik buğday çeşidinde farklı azot dozları ve ekim sıklıklarının tane verimi, verim öğeleri ve bazı kalite özelliklerine etkileri”. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt. 36, no. 2, s. 285-299, 2022
- [24] H. Irmak, “Edirne ekolojik koşullarında ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) farklı üst gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisi,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2019.
- [25] H. Kılıç, E. Dönmez, S. Yatar, T. Şanal, A. Altıkat, “Elazığ ve malatya şartlarına uygun makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma” *Bitkisel Araştırma Dergisi*, cilt. 2, s. 6-13, 2007.
- [26] G. Akkaya, “Bazı Makarnalık buğday çeşitlerinin Şanlıurfa koşullarında değerlendirilmesi,” Yayınlanmamış Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2019.

- [27] O. Ev, “Konya koşullarında bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde azotlu gübrelerin verim ve kalite üzerine etkisi,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2006.
- [28] M. A Birsin, “Buğdayda azot alımı ve azot hasat indeksi” *Journal of Agricultural Sciences*, cilt. 6, no. 3, s. 27-31, 2000.
- [29] M. S. Polat, “Makarnalık buğdayda kalite ve verim istikrarı,” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2017.
- [30] E. Kendal, S. Tekdal, H. Aktaş, M. Karaman, “Kalite parametreleri yönünden yerli ve yabancı bazı makarnalık buğday çeşitlerinin değerlendirilmesi,” *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, cilt. 5, no.1 s. 97-100, 2012
- [31] E. Oral, “Effect of nitrogen fertilization levels on grain yield and yield components in triticale based on AMMI and GGE biplot analysis,” *Appl. Ecol. Environ. Re.*, vol. 16, pp. 4865-4878, 2018.
- [32] E. Özata, “Cin Mısır Genotiplerinin Biplot (GGE ve AMMI) Analizi ile kimyasal kompozisyonlarının değerlendirilmesi,” *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, cilt. 7, no. 3, s. 1417-1431, 2020.
- [33] O. Hocaoglu, M. Akcura, “Decision making on nitrogen management of oat (*Avena sativa*) using grain yield potential and nitrogen use efficiency,” *Turkish Journal of Field Crops*, vol. 25, no. 2, s. 208-215, 2020.
- [34] A. M. M. Al-Naggar, M. M. Shafik, R. Y. M. Musa, “AMMI and GGE Biplot analyses for yield stability of nineteen maize genotypes under different nitrogen and irrigation levels,” *New Perspectives*, 2020.



*Araştırma Makalesi / Research Article*


## **Diyarbakır İli Sınırlarından Toplanan Bazı Yerel Makarnalık Buğday Popülasyonlarının İncelenmesi**

*Investigation of Some Durum Wheat Landraces Collected from Diyarbakır Province Boundaries*

Muhammed Ali ÖZATEŞ<sup>1</sup> , Enver KENDAL<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, 47200, Mardin, Türkiye

<sup>2</sup> Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 47060, Mardin, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1232264>

### **MAKALE BİLGİSİ**

#### **Makale Tarihi**

*Alınış, 10 Ocak 2023*

*Revize, 03 Mayıs 2023*

*Kabul, 03 Mayıs 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

#### **Anahtar Kelimeler**

*Buğday, Makarnalık buğday,*

*Verim özellikleri, Kalite,*

*Karakterizasyon*

### **ÖZ**

Bu araştırma Diyarbakır merkez ve ilçelerinden elde edilen yerel makarnalık buğday popülasyonları incelenmek üzere 2020-2021 yılında Augmented Deneme desenine göre GAP Uluslar Tarımsal Araştırma Enstitüsü uygulama arazisinde yürütülmüştür. Araştırmada Artuklu, Diyarbakır 81, Fırat 93, Ganem, Sümerli standartları ile birlikte 48 adet yerel makarnalık buğday popülasyonu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; başaklanma süresi 110-121 gün, bitki boyu ortalaması 81-129 cm, metrekarede başak sayısı 135-639 adet/m<sup>2</sup>, başakta başakçık sayısı 15,9-26,7 adet/başak, başak uzunluğu 3,6-12,2 cm, başakta tane sayısı 25,2-59,2 adet, verim 259,5- 690,0 kg/da, bin tane ağırlığı 24,0- 38,4 g, hektolitire ağırlığı 63,2-80,5 kg/h, camsılık oranı % 91,0 -100, protein oranı % 13,5-19,7, yaş glüten oranı % 34,6- 48,2, sarı renk b oranı % 14,3 - 29,7, L değeri 72,3-79,2, sarı renk a değeri 3,3-6,1 arasında değişim göstermiştir. Araştırmada kullanılan 16, 45 ve 46 nolu genotipler tüm özellikler bakımından, 7, 11, 12, 14, 25, 26, 27, 28 ve 30 nolu genotipler tane verimi bakımından, 22 ve 23 nolu genotipler de özellikle L parlaklık değeri, bin tane ağırlığı ve hektolitire ağırlığı bakımından; ayrıca bazı genotipler de diğer özellikler bakımından tatminkâr sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca GT biplot tekniğinde birbirine yakın bölgelerden toplanan genotiplerin aynı özellikler bakımından iyi sonuçlara sahip oldukları dolayısıyla genetik olarak da yakın olduklarını söylemek mümkündür. Bu araştırmanın sonucunda Diyarbakır ili sınırlarından toplanan yerel makarnalık buğdayları ile ilgili belirlenen genotiplerin, hem yerinde hem de gen kaynaklarında muhafaza edilmeli ve buğday ıslah çalışmalarını yürütecek ıslahçıların hizmetine sunulmalıdır. Böylece daha dayanıklı, kaliteli ve verimli çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [mozatas1453@gmail.com](mailto:mozatas1453@gmail.com) (Muhammed Ali ÖZATEŞ), [enverkendal@artuklu.edu.tr](mailto:enverkendal@artuklu.edu.tr) (Enver

KENDAL)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 10 Ocak 2023

Revised, 03 May 2023

Accepted, 03 May 2023

Available Online, 01 October 2023

### Keywords

Wheat, *Triticum durum*, Yield trait, Quality, Characterization

## ABSTRACT

This study was carried out to examine the local durum wheat landraces collected from Diyarbakır province in Augmented Trial design in the 2020-2021 growing year. Artuklu, Diyarbakır 81, Fırat 93, Ganem, Sümerli standards and 48 local durum wheat populations were used in the study. According to the variance analysis results; In the results of study; heading time varied between 110-121 days, plant height 81-129 cm, number of spikes per square meter 135-639 pieces/m<sup>2</sup>, number of spikelets per spike 15.9-26.7 pieces/spike, spike length 3.6-12.2 cm, number of grains per spike 25.2-59.2, yield 2595- 6464 kg/ha, thousand grain weight 24.0-38.4 g, hectoliter weight 63.2-80.5 kg/h, vitreous ratio 91.0 -100%, protein ratio 13.5-19.7%, wet gluten ratio 34.6-48.2 %, yellow color b ratio 14.3 - 29.7%, L value ratio 72.3-79.2, yellow color a value 3.3 - 6.1. Genotypes 16, 45 and 46 used in the study in terms of all characteristics, genotypes 7, 11, 12, 14, 25, 26, 27, 28 and 30 in terms of grain yield, and genotypes 22 and 23 in terms of L brightness value, thousand grain weight and hectoliter weight; In addition, some genotypes were determined to have satisfactory results in terms of other characteristics. In addition, it is possible to say that the genotypes collected from regions close to each other in the GT biplot technique have good results in terms of the same characteristics, so they are genetically close. As a result of this research, this variation determined for local durum wheat within the borders of Diyarbakır province will be preserved both in situ and in gene sources, and will contribute to the development of varieties that are more resistant to global warming and common diseases by presenting them to the service of breeders who will carry out wheat breeding studies.

## 1. GİRİŞ

Buğday, içerdiği dengeli ve zengin besin elementleri sayesinde hem küresel çapta hem de ülkemizde tarımı yapılan bitkiler arasında önemli yer tutmaktadır. Buğday, yaklaşık 12 bin yıl önce Karacadağ çevresinde Zagros Dağları'ndan başlayıp Türkiye ve Suriye üzerinden Lübnan'a kadar uzanan "Bereketli Hilal" olarak adlandırılan orijin bölgede, verimli ve kaliteli yetiştiği kabul edilmektedir [1]. Özellikle makarnalık buğdayın kuşağı olarak adlandırılan bu bölgede makarnalık buğday yerel popülasyonlarının ve geliştirilen kültür çeşitlerinin iyi adaptasyon sağlaması ile daha kaliteli ve yüksek verimde üretim yapıldığı bildirilmektedir.

Günümüzde 15 tür ve yaklaşık 30 bin kültür çeşidi olduğu tahmin edilen buğday, makarnalık (sert) ve ekmeklik (yumuşak) olarak temelde iki grupta tanımlanmaktadır [2]. Makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) makarna, irmik ve bulgur sanayisi, ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ise un ve bisküvi sanayisi için vazgeçilmez hammadde pozisyonundadır. Buğday, farklı ülke ve bölgelerde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde de tahıllar içerisinde ilk sırada yer almaktadır [2].

Dünya buğday ekim alanları ve üretimi yıllar itibarıyla az da olsa değişim göstermekle birlikte birinci sırada Hindistan olup, bu ülkeyi Rusya, AB ve Çin izlemektedir [3]. Ülkemizde 2021 yılı buğday ekilişi 6,74 milyon hektar, üretim ise 17,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ekiliş alanlarının 5,54

milyon hektarında 14,5 milyon ton ekmeklik buğday, 1,2 milyon hektarında 3,2 milyon ton makarnalık buğday üretilmiştir. 2021 yılında Türkiye un ihracatı 3 milyon ton, makarna ihracatı 1.4 milyon ton, bulgur ihracatı 238 bin ton, ırmik ihracatı 102 bin ton ve bisküvi ihracatı 566 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye un ihracatında dünyada 1'inci, makarna ihracatında ise 2'nci sırada yer almıştır. Ülkemiz, makarnalık buğday üretimini yapan ülkeler arasında Kanada ve İtalya'dan sonra 3.sırada yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ülkemizin makarnalık buğday üretimi ve makarnalık buğday ürünlerinin (makarna, bulgur ve ırmik) ihracatında önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle bu bölgede makarnalık buğday çalışmaları önemsenerek devam etmektedir [3].

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte insanların hem beslenmesinde hem de tüketim alışkanlıklarında değişim gözlenmektedir. Sağlıklı beslenmenin önemsendiği günümüzde, yerel makarnalık buğdayların önemini daha da artırmaktadır. Bu nedenle halen bazı bölgelerde varlığını koruyan popülasyonların toplanıp muhafaza edilmesi gerekmektedir. Ülkemizin biyoçeşitlilik konusundaki zenginliği bu popülasyonlara ev sahipliğini kapısını açmakta ve çok iyi bir fırsat olarak yerel genleri taşıyan, ekolojik faktörlere daha dayanıklı yeni çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır [4].

Diğer pek çok bitkide olduğu gibi buğdayda da genetik çeşitlilik her geçen gün daha da daralmaktadır. Bu nedenle özellikle küresel ısınma ile birlikte değişen çevre koşullarına bağlı olarak hastalık, stres, kuraklık, tuza tolerans gibi verimi sınırlandıran çevre koşullarına daha dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi mevcut gen havuzu ile mümkün görünmemektedir [5]. Bu nedenle yerel makarnalık buğday popülasyonları; hastalık, kalite, stres gibi bazı konularda ıslah çalışmalarına önemli katkı sağlamaktadırlar [6]. Yapılan araştırmalar özellikle verimli "Hilal Bölgesi"nin yerel makarnalık buğday popülasyonlarının orjin merkezi olduğu belirtilmektedir [7]. Bu amaçla, makarnalık buğday ıslahı kapsamında daralan varyasyonun genişletilmesi için yerel makarnalık buğday popülasyonlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma Diyarbakır merkez ve ilçelerinden elde edilen yerel makarnalık buğday popülasyonları incelenmek üzere 2020-2021 yılında kışlık olarak Augmented Deneme desenine göre GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü uygulama arazisinde yürütülmüştür. Araştırmada standart çeşit olarak Artuklu, Diyarbakır 81, Fırat 93, Ganem ve Sümerli kültür çeşitleri kullanılmış bu çeşitlerle birlikte Diyarbakır ili sınırlarından toplanan 47 adet makarnalık buğday popülasyonu kullanılmış ve toplamda 52 adet genotip çalışmada yer almıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Yerel popülasyonların toplandığı yerlerin koordinatları

Sıra No	İlçesi	Köyü	Rakım	GPS Koor.		N	E
				X	Y		
1	Eğil	Baysu	803	596291	4222874		
2	Eğil	Baysu	710	596898	4221585		
3	Eğil	Yatır	700	599901	42209007		
4	Eğil	Yatır	709	599954	4221682		
5	Eğil	Yatır	735	600531	4222173		
6	Eğil	Yatır	735	600531	4222173		
7	Eğil	Yatır	725	600386	4222039		
8	Yenişehir	Sivritepe	687	598988	4218628		
9	Eğil	Kaya	685	605131	4222688		
10	Eğil	Akalan	777	606500	4228778		
11	Eğil	Meşeler	703	605131	4222688		
12	Hani	Uzunlar	777	606500	4228778		
13	Hani	Uzunlar	838	606226	4231796		
14	Hani	Uzunlar	863	625538	4251067	38.23.9432	040.26.2598
15	Hani	Belen	872	619904	4251715	38.24.3387	040.22.3958
16	Hani	Belen	872	626115	4251110	38.23.9595	040.26.6569
17	Dicle	Esentepe	862	627655	4251196	38.23.9937	041.27.7159
18	Dicle	Pınar Köyü	884	619904	4251715	38.24.3387	040.22.3958
19	Dicle	Arıköy	853	610396	4249353	38.23.1360	040.84.1100
20	Dicle	Arıköy	796	610891	4248325	38.22.5750	04.16.17177
21	Dicle	Arıköy	787	611954	4248357	38.22.5734	040.16.7970
22	Hani	Gürbüz	912				
23	Hazro	Dadaş	1064	650497	4237654	38.16.4602	040.43.2314
24	Hazro	Dadaş	1050	650164	4237395	38.16.3239	040.42.9985
25	Silvan	Altınkum	680				
26	Kulp	Yakıt	679	681780	4237283	38.15.9166	040.04.6720
27	Kulp	Yakıt	680				
28	Kulp	Yakıt	895	684456	4266685	38.20.9589	041.06.7294
29	Kulp	Yakıt	895	684652	4246867	38.21.0570	041.06.7914
30	Kulp	Uzunor	897	683593	4249088	38.22.0306	041.56.1343
31	Kulp	Özbek	853	668840	4260416	38.28.5654	040.56.1343
32	Eğil	Kalkan	786	594207	4228780	38.08.9310	040.04.5077
33	Eğil	Merkez	837	594634	4227550	38.11.4568	040.04.8401
34	Eğil	Merkez	931	592344	4231601	38.13.6612	040.03.3023
35	Dicle	Altay	873	588191	4241045	38.18.7906	0.50.00.5270
36	Dicle	Ulubaş	812	588895	4241660	38.19.1199	0.40.01.0147
37	Lice	Dernek	865	635665	4253198	38.25.0037	040.33.2400
38	Lice	Çeper	1025	636301	4259395	38.28.3464	040.33.7500
39	Lice	Üçyol	890	636017	4254531	38.25.7230	040.33.4975
40	Lice	Yönlüce	876	650340	4258239	38.27.5871	040.43.3870
41	Ergani	Güneycik	978	556997	4236808	38.16.6508	39.30.0992
42	Ergani	Güneycik	1032	555252	4236790	38.16.6470	39.37.9023
43	Çermik	Yukarışahlar	814	547904	4234858	38.15.6288	39.32.8567
44	Çüngüş	Çınar	862	541615	4232495	38.14.3696	39.28.5331
45	Çüngüş	Seferuşağı	884	540057	4231857	38.14.0301	39.27.4625
46	Çermik	Sinekçayı	677	541118	4224902	38.10.2659	39.28.1656
47	Çermik	Eskibağ	723	536671	4219466	38.07.33.84	39.25.1004
48	Adıyaman	Sınırı	729	496012	4195229	37.54.2753	38.57.2779

Standart çeşitler: Artuklu, Diyarbakır 81, Fırat 93, Ganem, Sümerli

Yerel genotiplerin belli başlı isimleri: Sorgül, Bağacak, Karakılıçık, Gevro, Meksika, Havrani, Yusufi, Devediş

Materyalin tümü ifade edilirken genotip terimi kullanılmıştır Araştırmada standart olarak kullanılan çeşitler bölgede yaygın olarak tercih edilen çeşitlerdir.



## 2.1 Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Türkiye'nin güney doğusunda 37° 30' ve 38° 43' kuzey enlemleri ile 40° 37' ve 41° 20' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İl merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 670 m'dir (Tablo 2). Bölge sert karasal iklime ve yarı kurak yayla iklimine sahiptir. Yazlar sıcak, kurak ve uzun, kışlar soğuk ve daha az yağışlıdır. Diyarbakır'ın yıllık ortalama sıcaklığı 15 °C, yıllık ortalama yağış 484 mm olup, 0 mm yağışla Temmuz ve Ağustos ayları ise en kurak aylar olarak geçmektedir. Uzun yıllar kaydedilen şimdiye kadar kaydedilen en yüksek sıcaklık 46,2 °C, en düşük -24,2 °C' dir [8]. Türkiye'nin güney doğusunda 37° 30' ve 38° 43' kuzey enlemleri ile 40° 37' ve 41° 20' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İl merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 670 m'dir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Diyarbakır lokasyonuna ait meteorolojik veriler

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)		Nem (%)	
	2019-20	Uzun Yıllar	2019-20	Uzun Yıllar	2019-20	Uzun Yıllar
Eylül	27,7	25,1	0	5,4	26,1	28,4
Ekim	20,0	17,5	0	33	29,1	49,3
Kasım	10,6	9,7	54,7	55,2	65,1	65,5
Aralık	4,7	4,0	30,8	72,3	79,9	79,3
Ocak	4,1	1,7	41,2	70,7	70,7	77,6
Şubat	7,0	3,7	37,7	67,6	64,7	69,1
Mart	8,4	8,3	57,9	66,7	65,2	66,1
Nisan	15,9	13,8	7,1	70	54,3	59,7
Mayıs	23,8	19,3	3,8	44,4	30,2	49,4
Haziran	27,9	26,0	0	8,7	23,6	29,9
Toplam/Ort.	15,0	12,9	233,2	494,0	50,9	49,5

www.meteoroloji.gov.tr

Tablo 2'de, uzun dönem sıcaklık ortalaması 12,91 °C iken, deneme yılına ait ortalama sıcaklık değeri 15,0 °C olarak ölçülmüştür. Yağışın deneme sezonundaki miktarına bakıldığında, lokasyona en fazla yağışın sonbahar ve kış aylarında yağdığı görülmektedir. Uzun dönem yağış ortalaması 494 mm iken, araştırma döneminde ise 233,2 mm olarak ölçülmüştür. Aylık ortalama yağış 57,9 mm ile en yüksek Mart ayında gerçekleşmiştir (Tablo 2). Deneme mevsiminin kurak geçmesi nedeni ile deneme alanı üç defa yağmurlama sulama sistemi ile her birinde yaklaşık 80 mm civarında sulanmıştır.

## 2.2 Araştırma Yerinin Toprak Özellikleri

Araştırma alanından uygun yöntemlerle alınan örnekler, GAPUTAEM Toprak Tahlil Laboratuvarı'nda analiz edilmiştir (Tablo 3). Yapılan tespit, araştırma yerinin toprağı killi olup, hafif alkali, çok düşük organik madde yüzdesi, çok az tuzlu ve orta derecede kireçlidir. Fosfor açısından çok düşük ve potasyum açısından ise yeterli olduğu bulunmuştur.

**Tablo 3.** Deneme yerinin toprak tahlil analiz sonuçları

Derinlik (cm)	Su İle Doy (%)	Bünye	Toprak Tuz (%)	pH (şç)	Kireç CaCO <sub>3</sub> (%)	Bitkiye Yararışlı Besin Maddeleri (kg/da)		Organik Madde (%)
						Fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Potasyum K <sub>2</sub> O	
0-30	72,5	Killi	0,023	8,15 Alkalin	7,31 Orta kireçli	1,49 Çok az	94,38 Yeterli	0,96 Çok az

### 2.3 Ekim ve Bakım İşleri

Ekimde tohumluk miktarı bin tane ağırlıklarına göre 500 tohum/m<sup>2</sup> tohum gelecek şekilde hesaplanmıştır. Deneme ekiminde parsel alanı; 4,2 m<sup>2</sup>- 1,2 m x 3,5 m, olacak şekilde ve Augmented Deneme Desenine ekim mibzeri göre 4 bloklu olarak, 17 Kasım 2020 tarihinde ekilmiştir. Gübre olarak 12 kg azot (N) ve 6 kg fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) gübresi, azotun yarısı (DAP %26) ile fosforun tamamı ekimde, azotun kalan yarısı ise sapa kalkma döneminden önce üst gübre olarak (üre % 46) verilmiştir. Deneme alanında toplamda sapa kalkma, başaklanma ve son olarak tane dolum dönemlerinde olmak üzere toplam 3 kez sulama (çıkış, sapa kalkma, süt olum dönemlerinde) yapılmıştır. Yabancı otlara karşı kimyasal mücadele yabancı ot bitkilerinin 2-4 yapraklı oldukları dönemde yapılmıştır. Hasat işlemleri 24 Haziran 2021 tarihinde buğdayların olgunlaşması sonrası 3,0 m<sup>2</sup> alanda deneme biçerdöveri ile gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada başaklanma süresi (BS), bitki boyu (BB), metrekarede başak sayısı (M<sup>2</sup>BS), başakta başakçık sayısı (BBS), başak uzunluğu (BU), başakta tane sayısı (BTS), tane verim (TV), bin tane ağırlığı (BTA), hektolitre ağırlığı (HA), camsılık oranı (CO), protein oranı (PO), yaş glüten oranı (YGO), sarı renk b, L, ve a değerleri incelenmiştir. Protein oranı (PO), yaş glüten oranı (YGO), sarı renk b, L, ve a değerleri NIT (Nıt Infrared Term.) analiz cihazı ile ölçülmüştür.

### 2.4 Verilerin Değerlendirilmesi

Veriler J.M.P 5.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) programında Augmented analiz modeline göre analizleri yapılmış, ortalamalar A.Ö.F. testi ile gruplandırılmıştır. Ayrıca Biplot analizleri Gen Stat Release 14.1 (Copyright 2011, VSN International Ltd.) program yardımıyla yapılmıştır.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu araştırmada incelenen bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, tane verimi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, camsılık oranı ve sarı renk b değeri değeri bakımından genotipler arasında %0,1 ve %0,5 düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilirken; metrekarede başak sayısı,

başaklanma süresi, başakta tane sayısı, başak verimi, protein oranı, tanedeki yaş gluten oranı, L parlaklık değeri ve sarı renk a bakımından genotipler arasında herhangi bir önemlilik tespit edilememiştir (Tablo 3 ve Tablo 4).

**Tablo 4.** Parametrelerin analiz sonuçları (Kareler toplamı)

Varyasyon Kaynakları	Genotip	Blok	Hata	Toplam	A.Ö.F(0.5)	D.K.(%)
Serbestlik Derecesi	52	4	11	67		
Başaklanma süresi	364.16**	7.85	3.36	394.66	1.72	0.48
Metrekarede başak sayısı	498019.61**	179852.03	19368.12	957671.07	130.61	12.41
Bitki boyu	13397.39 öd	637.76	1328.52	16520.16	34.2	10.82
Başak uzunluğu	153.18**	2.16	4.63	171.68	2.02	9.41
Başakta başakçık sayısı	210.31**	5.81	10.08	240.30	2.98	4.96
Başakta tane sayısı	4193.68öd	663.02	409.36	4868.70	19.2	14.04
Başak verimi	529.18öd	54.94	53.66	631.80	6.87	14.91
Tane verimi	693359.78*	9405.72	39891.03	775890.56	47.69	12.18
Bin tane ağırlığı	710.8*	33.49	58.15	886.94	7.16	6.8
Hektolitreye ağırlığı	947.60*	22.58	41.25	1042.85	6.02	2.54
Yaş gluten oranı	559.99öd	18.48	80.89	748.20	8.44	6.62
Camsılık oranı	121.53*	1.91	8.92	151.62	2.8	0.92
Protein oranı	97.52öd	1.82	22.77	139.52	4.49	8.76
Sarı renk b değeri	740.41**	3.78	9.77	812.45	2.93	4
L Parlaklık değeri	159.95öd	2.12	35.85	199.96	5.61	2.39
Sarı renk a değeri	25.64öd	0.21	3.99	30.29	1.87	12.67

\*\* p<0.01, \* 0.01<P<0.05

Başaklanma süresi bakımından genotiplere ait ortalama değerler 110-121 gün aralığında değişmiştir (Tablo 5). 36 nolu genotip en erken 110 günde başaklanırken, 41 ve 47 nolu genotipler ise en geç 121günde başaklandığı görülmektedir. Sadece 10 nolu genotip tüm standart çeşitlerden daha erkenci, 5 ve 44 nolu yerel genotipler ise Diyarbakır 81 ve Sümerli çeşitlerine göre daha erkenci ancak diğer standartlara göre daha geçici oldukları tespit edilmiştir. Başaklanma süresi genotiplerin erime süreleri ile ilişkili bir parametre olup erken başaklanan genotiplerin daha önce hasat olumuna girdiği bildirilmektedir [9]. Bu bağlamda Diyarbakır koşullarında aynı yıl içindeki münavebe için başaklanma süresi oldukça önemli bir faktör olup erken başaklanma erkencilik için çok önemli olup, diğer özellikler bakımından da iyi olan genotiplerin ıslahta kullanılabildiği gibi yetiştiricilikte de rahatlıkla tercih edilebilmektedir. Öner ve Kendal [9], genotiplerin başaklanma süresinin 93-124 gün arasında değiştiğini, çalışmalarından elde ettikleri başaklanma süresinin çalışmamızdan elde edilen başaklanma sürelerine göre daha kısa olduğu dolayısıyla daha erkenci oldukları görülmektedir. Çok fark olmamakla birlikte Mardin ilinin ekolojik faktörlerinin daha ılıman geçtiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca diğer bir çalışmada başaklanma süresinin 98-107 gün aralığında değiştiği bildirilmektedir [10].



Buna göre; daha sıcak iklimlerde erme süreleri çalışmanın yürütüldüğü lokasyona göre daha kısa sürede gerçekleşmiş olup, erme süresinin çevre şartlarına bağlı olarak değişebileceğini söylemek mümkündür. Başaklanma süresinin uzun sürede gerçekleşmesi verime katkı sağlayabildiği ancak determinasyon katsayısının düşük olması nedeniyle yüksek verimin bir göstergesi olarak sayılamayacağı bildirilmektedir [11].

Metrekarede başak sayısı 135-639 adet/m<sup>2</sup> arasında değiştiğini (Tablo 5), en yüksek başaklanmanın metrekarede 639 adet ile 31 numaralı genotipte, en düşük 135 adet ile 16 numaralı genotipte saptanmıştır. Denemede standart olarak kullanılan çeşitlerde ise metrekarede başak sayısı en yüksek 318 (adet/m<sup>2</sup>) ile Ganem çeşidinde, en düşük ise 213 (adet/m<sup>2</sup>) olarak Fırat 93 çeşidinde gerçekleştiği saptanmıştır. Metrekarede başak sayısı bir verim göstergesi olup metrekarede başak sayısı fazla olan genotiplerin yüksek verimli oldukları söylenmektedir. Araştırmamızda da en yüksek metrekarede başak sayısı Ganem çeşidinde görülmüş ve bu çeşidin genotipler arasında en yüksek verim verdiği dolayısıyla metrekarede başak sayısının verimin bir göstergesi olarak kullanılabilmesi teyit edilmiştir. Makarnalık buğdayda yapılan benzer çalışmalarda; m<sup>2</sup>'de başak sayısını 434 adet; 190-349 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir [12,13]. Farklı çevrelerde ve farklı genotiplerle yapılan çalışmalarda metrekarede başak sayısının farklı olabileceği ve metrekarede başak sayısının hem çevreden hem de genotiplerin genetik etkisi altında değişebileceği söylenebilir.

Tane verimi bakımından ortalama değerler 317,9-680,6 kg/da arasında değişmiştir. Çalışmada dekara 680,6 kg/da ile en yüksek verim denemede standart olarak kullanılan aday çeşit Ganem birinci sırada yer almıştır. Genotiplerden, 317,9 kg/da ile 4 nolu genotip verim bakımından sonda yer aldığı görülmektedir. En yüksek verime sahip standart çeşitlerimizi 31 (623,7 kg/da) ve 14 (622,9 kg/da) nolu genotipler izlemiştir (Tablo 5). Ayrıca genotipler arasında yüksek varyasyon olduğu tespit edilmiştir. Öner ve Kendal [9], genotiplerin tane verimi 175,0-616,9 kg/da aralığında değişim gösterdiğini, bazı yerel popülasyonların standart çeşitlerden daha verimli olduklarını ve genotipler arasında yüksek varyasyon olduğunu bildirerek çalışmamızın sonuçlarını teyit etmektedir. Ayrıca Kanat [10], yaptığı araştırmada 444,7-597,0 kg/da, diğer araştırmacılar 522,35-654,33 kg/da, aralığında değiştiğini bildirmektedirler [11]. Tane verimi daha çok genotiplerin genetik özelliğinden etkilenmekte ama çevrenin etkisi de bir hayli yüksek olduğu bildirilmektedir [14].

Bitki boyu ortalama değerleri 75-129 cm aralığında değişmiştir (Tablo 5). Araştırmada en yüksek 129 cm ile 19 numaralı genotip en uzun boylu, en düşük 75 cm ile Diyarbakır 81 ve Sümerli çeşitlerinin kısa boylu oldukları gözlemlenmiştir. Yapılan birçok araştırmada yerel popülasyonların kültür çeşitlerine göre daha uzun boylu olduğunu belirtilerek bu çalışmanın sonuçlarını teyit etmektedir. Öner ve Kendal [9], genotiplere ait bitki boylarının 93-152 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Mardin şartlarından toplanan yerel popülasyonlarının Diyarbakır bölgesinden toplanan popülasyonlara

göre daha kısa olmasında ekolojik faktörlerin etkili olduğu, yerel popülasyonların buldukları bölge şartlarına uyum sağladıklarını göstermektedir. Mardin koşullarının daha ılıman Diyarbakır koşullarının daha serin geçmesinin bitki boyu üzerinde etkili olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca diğer bir çalışmada 81-90 cm aralığında değiştiğini bildirmektedirler [11]. Araştırmalara ait sonuçlar ile çalışmamızdan elde edilen bitki boyu verileri paralellik göstermektedir. Özellikle kıraç bölgeler ve samanın çok kullanıldığı kırsal yerler için uzun boylu çeşitler daha çok rağbet gördüğünü düşündüğümüzde popülasyonlar yüksek boylu olduklarından daha çok yetiştirilebileceklerini söylemek mümkündür [15].

Başak uzunluğuna ait ortalama değerler 4,0-11,4 cm arasında değişmiştir (Tablo 5). En yüksek başak 19 nolu yerel popülasyonda 9,4 cm, en düşük başak 6 nolu yerel popülasyonunda 4,0 cm olarak ölçülmüştür. Hem uzun hem de kısa başaklara sahip popülasyonların olması varyasyonun geniş olduğunu göstermektedir. Denemede 7 adet yerel popülasyonun başak uzunluğu, standart olarak kullanılan çeşitler arasında en yüksek başak uzunluğuna sahip Ganem çeşidinden daha uzun olduğu, yerel popülasyonlardan en az yarısının başak uzunluğu denemede standart olarak kullanılan diğer dört çeşidinden daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Diğer bazı çalışmalarda; Öner ve Kendal [9], genotiplere (yerel/çeşit) ait başak uzunlukları 5,6-8,8 cm arasında değişim gösterdiğini bildirerek bu çalışmadan elde edilen sonuçları teyit etmektedirler. Çünkü başak uzunluğu daha çok genotiplerin genetik özelliklerine bağlı bir özelliktir. Ayrıca Çetiz [16], başak uzunluğunu 5,7-7,5 cm, Mahdi [17], başak uzunluğunu 5,12- 14,84 cm aralığında olduğunu belirtmektedirler. Söz konusu araştırmacıların Makarnalık buğdayda başak uzunluğu ile ilgili buldukları sonuçlar ile çalışmamızın sonuçları arasında benzerlik olduğunu söylemek mümkündür.

Başakçık sayısına ait ortalama değerler 16,2-26,7 adet/başak aralığında değişiklik göstermiştir (Tablo 5). 19 numaralı genotip genotip 26.4 adet başakçık ile en yüksek başakçık sayısına, 11 nolu yerel popülasyon 16.2 adet başakçık ile en az başakçık sayısına sahip genotip oldukları gözlemlenmiştir (Tablo 4). Yerel popülasyonların minimum ve maksimum başakçık sayısına sahip olması yüksek varyasyon gösterdiklerinin bir kanıtı olmuştur. Öner ve Kendal [9], genotiplere ait başakçık sayısının 13,8-20,4 adet/başak arasında değişim gösterdiğini bildirerek çalışmamızın sonuçlarını teyit etmişlerdir. Diyarbakır şartlarında yetiştirilen yerel popülasyonlardan elde edilen başakçık sayısının Mardin koşullarında yetiştirilen yerel popülasyonlara göre kısmi olarak daha fazla olmasının Diyarbakır' ın iklim özelliğinin daha serin geçmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Serin iklim koşullarında buğdayda başaklar daha uzun olmakta ve başakçık sayıları da artmaktadır. Ayrıca Akıncı ve Yıldırım [18], 16,4-21,8 adet, Çetiz [16], 14,3-28,2 adet, Mahdi [17], 14,4-27,0 adet, Kanat [10], 16-17,9 adet aralığında değiştiğini belirtmektedirler. Söz konusu araştırmacıların makarnalık buğdayda başakçık sayısı

ile ilgili buldukları sonuçlar ile çalışmamızın sonuçları arasında benzerlik olduğunu söylemek mümkündür.

Başakta tane sayısı 29,0-59,7 adet aralığında değişiklik göstermiştir (Tablo 5). En yüksek başakta tane sayısı 66,2 adet tane ile Ganem çeşidinde sayılırken, en düşük tane sayısı ise 29,0 adet tane ile 1 numaralı genotipte sayılmıştır. Sümerli çeşidine ait başakta tane sayısı (62.4 adet) da Ganem çeşidi ile aynı grubu paylaşmıştır. Araştırmada yer alan en az 5 adet genotip denemede standart olarak kullanılan diğer üç standart çeşitten daha yüksek başakta tane sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Kültür çeşitlerinde başakta tane sayısının fazla olması bu çeşitlerin iyi beslendiklerini ve başakçıklardaki taneleri daha iyi doldurdıkları anlamına gelmektedir. Bu yüzden başakta başakçık sayıları daha az olmasına rağmen başakçığıdaki tane sayıları daha yüksek çıkmaktadır. Öner ve Kendal [9], genotiplere ait başakta tane sayısı 13,8-76,1 adet aralığında değiştiğini bildirerek çalışmamızı teyit etmektedir. Özellikle minimum başakta tane sayısına baktığımızda Mardin ili sınırlarında yetişen yerel populasyonların başakta tane sayılarının daha düşük olduğu görülmektedir. Mardin ili sınırlarında sıcaklıkların baş göstermesine bağlı olarak bazı başakçıkların boş kalabileceğini göstermektedir. Ayrıca bazı uygulamalara (fazla azot, sulama, yağışın yüksek olması, taban araziler) bağlı olarak başakta tane sayısının artabileceği öngörülmektedir. Çetiz [16], 22,8-52,0 adet, Kanat [10], 40,1- 45,7 adet aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Benzer şartlarda sonuçlar ile çalışmamızın sonuçları benzerlik göstermektedir. Buna ilaveten yerel populasyonların başakta tane sayısının geniş bir aralığa sahip olması yüksek bir varyasyon gösterdiğinin kanıtı olmuştur.

Bin tane ağırlığına ait değerler 26,0-40,7 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek bin tane ağırlığı 39,9 g ile 43 nolu genotipten, en düşük bin tane ağırlığı ise 26,0 g ile 1 nolu genotipten elde edilmiştir (Tablo 5). Populasyonların içerisinde sadece bir tanesi Diyarbakır 81 çeşidinden daha yüksek bin tane ağırlığına sahip olup ayrıca birçok yerel populasyon dört standart çeşitten daha yüksek bin tane ağırlığına ulaşmıştır. Bin tane ağırlığı tane verimi ile pozitif bir korelasyona sahip olup verimin bir göstergesidir. Öner ve Kendal [9], genotiplere (yerel/çeşit) ait bin tane ağırlığının 31,4-45,2 g arasında değiştiğini bildirerek çalışmamızın sonuçlarını teyit etmektedirler. Yerel populasyonların bin tane ağırlığı geniş bir aralığa sahip olup yüksek varyasyon göstermiştir. Bazı araştırmacılar sırasıyla; 25,8-41,1 g, 27,4-38,8 g, 36,6 – 48,1 g, 29,4 – 49,7 g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir [14, 19, 21, 22]. Benzer şartlarda yürütülen çalışmaların sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Peterson *et al.* [23], bin tane ağırlığının hem genetik özelliğe hem de iklime bağlı olarak farklılık gösterebileceğini bildirmişlerdir.

Hektolitre ağırlığına ait değerler 64,2-82,2 kg/hl arasında değişim göstermiştir. Maksimum değerler 81,7 kg/hl ile Sümerli çeşidinden, minimum değerler ise 64,2 kg/hl ile 19 nolu genotipte belirlenmiştir (Tablo 5). Populasyonların tamamı denemede standart olarak kullanılan Sümerli, Ganem

ve Diyarbakır 81 çeşitlerine göre daha düşük hektolitreye ağırlığına sahip olmuşlardır. Bu çalışmada elde edilen verilere göre kültür çeşitlerinin yerel popülasyonlara göre daha yüksek hektolitreye değerlerine sahip olduğunu kanıtlamıştır. Hektolitreye ağırlığının tane verimi ile pozitif bir ilişki içerisinde olup verim göstergesi kabul edildiğini düşündüğümüzde bu çalışmanın sonuçlarını teyit etmektedir [20]. Tekdal ve Kendal [21], yerel, kültür çeşitleri ve makarnalık hatlar ile yaptıkları çalışmalarında genotiplere ait hektolitreye ağırlığının 79,0 -86,3 kg/hl arasında değiştiğini, yerel popülasyonların hem kültür çeşitlerine hem de hatlara göre daha düşük hektolitreye ağırlığına sahip olduğunu bildirerek çalışmamızın sonuçlarını teyit etmektedirler. Yerel popülasyonların hektolitreye ağırlığı geniş bir aralığa sahip olup yüksek varyasyon göstermiştir. Ayrıca yaptıkları çalışmalarda Tekdal ve Yıldırım [22], hektolitreye ağırlığının 73,3-86,8 kg/hl, aralığında olduğunu belirtirken diğer araştırmacılar sırasıyla; 79,1- 86,3 kg/hl, 73,7-76,5 kg/hl, aralığında değiştiğini bildirmişlerdir [24,25]. Benzer şartlarda yürütülen çalışmaların sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Atlı *et al.* 1999 [26], genetik yapının ve çevresel faktörlerin hektolitreye ağırlığı üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Camsılık oranına ait ortalama değerler % 90-100 arasında değişim göstermiştir. Denemede yer alan 8, 12 ve 20 nolu genotiplerin tanelerinde hiç dönme görülmemiştir. En düşük camsılık oranı ise 44 nolu genotipte belirlenmiştir (Tablo 5). Popülasyonların standartlara göre daha az camsı daneye sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle camsılık değeri yüksek olan yerel popülasyonlar daha fazla tercih edilmektedir. Öner ve Kendal [9], Mardin ili sınırlarından topladıkları yerel makarnalık buğday popülasyonları ile yaptıkları çalışmalarında genotiplere ait camsılık oranı % 72,8-97,0 arasında değişim gösterdiğini belirterek çalışmamıza göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Ancak yaptıkları çalışmada yetiştirme sezonunda özellikle tane dolum döneminde yağışların fazla olması çalışmamızda ise sezonun kurak geçmesi bu sonuçları doğurmuştur. Özberk ve Özberk [27], %96-100, diğer araştırmacılar ise sırasıyla; % 90,9-97,1, % 85,0-97,0, %89,75-98,0, 62-84,38 arasında değiştiğini bildirmektedirler [2,10,11,28]. Ayrıca makarnalık buğdaylarda camsılığın yüksek oranda çevre şartlarından etkilendiğini bildirmektedirler [29,30]. Benzer şartlarda yürütülen çalışmaların sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik olduğu görülmektedir.

Protein oranına ait değerler % 13,5-19,7 arasında değişim göstermiştir. Araştırmada maksimum protein oranı % 19,6 ile 4 nolu genotipte; minimum protein oranına ise % 13,4 ile denemede Sümerli çeşidinde belirlenmiştir (Tablo 5). Protein oranı ile ilgili sonuçların popülasyonların standartlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Yaptıkları çalışmalarında genotiplere ait protein oranı % 11,4-14,8 arasında değişim gösterdiğini belirterek çalışmamıza göre daha düşük değerler elde edilmiştir [31]. Bu durumun yetiştirme şartları ve yerel popülasyonların genetik özelliğinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca protein oranının sırasıyla: % 12,2-15,8, % 12,98-14,1, % 12,72-14,17, % 11,5-16,2 ve % 12,7-14,4 arasında değiştiğini bildirmektedirler [2,10,11,16,19].



Benzer şartlarda yürütülen çalışmaların sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik olduğu ve popülasyonlara ait protein oranının yüksek olduğu ve bu popülasyonların kaliteli çeşitlerin tescil edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Protein oranı yüksek olan popülasyonlar için bulgur yapımında daha çok tercih edildiğini söylemek mümkündür. Ayrıca Tosun *et al.* [32], protein oranının kalıtımının oldukça karmaşık olduğunu ve çevresel varyasyonun fazla olması nedeniyle beklenen sonuçların ortaya çıkmadığını, protein oranı buğdayda en önemli kalite kriteri olup, irmik kalitesini de önemli oranda etkilemekte ve iyi bir makarnalık buğdayın en az % 13 oranında protein değerine sahip olması gerektiğini, çevreye bağlı (yıl, yer) olarak protein değerleri arasında en fazla %3,6'lık bir fark gelebileceğini bildirmişlerdir [2,26,32].

Yaş gluten oranına ait değerler % 34,4-48,3 aralığında değişmiştir (Tablo 5). Araştırmada en yüksek yaş gluten oranı % 48,2 ile 4 nolu genotipten, %34,4 ile en düşük yaş gluten oranı ise denemede standart olarak kullanılan Sümerli çeşidinde gözlemlenmiştir (Tablo 4). En yüksek ve en düşük yaş gluten değerlerine sahip genotipler aynı zamanda maksimum ve minimum % protein oranına sahip oldukları görülmektedir. Bu durum yaş gluten oranı ile protein oranı arasında bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Denemede kullanılan yereler popülasyonların çoğu denemede standart olarak kullanılan tüm çeşitlerden daha yüksek yaş gluten oranına sahip olduklarını göstermiştir. Yaptıkları çalışmalarında genotiplere(çeşit, yerel) ait yaş gluten oranının % 22,2-30,1 arasında değişim gösterdiğini bildirerek araştırmamıza göre daha düşük veriler elde etmişlerdir [9]. Bu farklılığın özellikle yetiştirme mevsiminin yağış ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Ayrıca; Kendal [2], yaş glutenin makarnalık buğdayda % 23,0-32,3 arasında, diğer araştırmacılar sırasıyla; % 17,0-40,5, %35,65 ve %44,05, % 31,37 – 42,58 arasında değiştiğini bildirmişlerdir [10,11,32,33]. Taş [34] gluten oranı, elastik prolamin grubu olarak bilinen hamurun ekmek için uygun olup olmadığı, ayrıca hamurun kabarması için önemli bir göreve sahip; genotiplerin genetik yapısı ve çevresel faktörlere bağlı farklılık gösterebileceğini bildirmişlerdir [30].

Sarı renk b değeri 13,9-29,5 arasında değişim göstermiştir (Tablo 5). Araştırmada sarı renk b değeri 29,7 ile 11 numaralı genotipten, en düşük değeri ise 14,3 ile 12 numaralı yerel popülasyonda tespit edilmiştir. Denemede kullanılan yerel popülasyonlardan sadece 13 nolu genotip, en yüksek sarı renk b değerine sahip Fırat 93 çeşidini geçmiştir. Ancak denemede kullanılan 9 adet yerel popülasyon denemede standart olarak kullanılan diğer dört çeşitten daha yüksek sarı renk b değerine sahip olmuştur. Yerel popülasyonların minimum ve maksimum b değerine sahip olması yüksek varyasyon gösterdiklerinin bir kanıtı olmuştur. İslah programlarında kullanıldıkları takdirde geniş bir varyasyon oluşturabilecekleri beklenmektedir. Demir *et al.* [35] b değerinin 18,45- 22,96 arasında diğer araştırmacılar sırasıyla 19,5–24,2 arasında; 17,65-20,29, yerel popülasyonlarda 6,76-22,13 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir [36,37,38]. Hailu ve Merker [39], buğday tanesindeki sarı pigment miktarı

hakkında fikir veren b değerini buğdayın makarnalık kalitesini belirleyen bir kriter olarak değerlendirmişler.

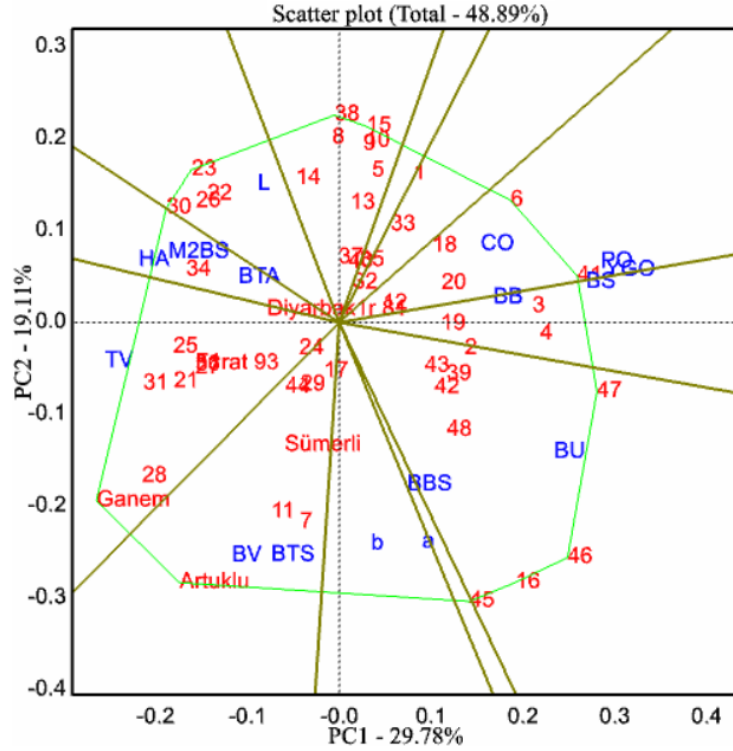
Sarı renk L değeri 72,4-79,2 arasında değişim göstermiştir (Tablo 5). Araştırmada sarı renk L değeri 79,2 ile 44 numaralı genotip, en düşük ise 72,4 ile 2 numaralı genotipte tespit edilmiştir. Denemede kullanılan 13 adet yerel populasyon denemede standart olarak kullanılan Standartlardan daha yüksek sarı renk L değerine sahip olmuştur. Yerel popülasyonların minimum ve maksimum L değerine sahip olması yüksek varyasyon gösterdiklerinin bir kanıtı olmuştur. İslah programlarında kullanıldıkları takdirde geniş bir varyasyon oluşturabilecekleri beklenmektedir. L değeri ile ilgili yapılan çalışmalarla ilgili tespitlerde; Şahin ve ark [36] tanede L değerinin 45,55–49,29, Kendal *et al.* [38] 72,1-89,1 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Hailu and Merker [39], Buğday tanesinde L veya L\* değerinin ürünün parlaklığı açısından fikir vermesi yönüyle kalite kistası olarak değerlendirip, yüksek L değerine sahip genotiplerin renk açısından makarnalık kalitesinin yüksek olduğunu dile getirmişlerdir.

Sarı renk a değeri 3,2-6,2 arasında değişim göstermiştir (Tablo 5). Araştırmada sarı renk a değeri 6,2 ile 46 numaralı genotip, en düşük ise 3,2 ile 23 numaralı genotipte tespit edilmiştir. Denemde kullanılan 10 adet yerel populasyon denemede kullanılan standartlardan daha yüksek sarı renk a değerine sahip olmuştur. Yerel popülasyonların minimum ve maksimum b değerine sahip olması yüksek varyasyon gösterdiklerinin bir kanıtı olmuştur. İslah programlarında kullanıldıkları takdirde geniş bir varyasyon oluşturabilecekleri beklenmektedir. Makarnalık buğdayda a değeri ile ilgili yapılan çalışmalarla ilgili tespitlerde; Şahin *et al.* [36], tanede a değerinin 7.47–8.67, Kendal *et al.* [38] 0,35-3,85 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

### 3.1 Biplot Analizi İle Genotip x Özellik İlişkileri ve Genotiplerin Performanslarının İncelenmesi

Biplot tekniği ile GÖ (genotip x özellik) ilişkisi farklı açıdan görsel olarak grafiklerle incelenebilmektedir. Yapılan analizde iki boyutlu PCA skoru sırasıyla PC2 %29,78 ve PC1 %19,11' lik bir payını kapsarken toplamda varyasyonun % 48.89'unu oluşturmuştur. Öner ve Kendal [9], Mardin ili sınırlarından topladıkları yerel makarnalık buğday populasyonları ile yaptıkları çalışmalarında genotiplere ait PCA skorunun toplam varyasyonun %50.69'luk oranını tensil ettiğini bildirerek çalışmamızın sonuçlarını teyit etmiştir. GÖ ilişkisinde sektör analizi (Şekil 1) genotipleri ve özellikleri gruplandırarak, scatter plot grafiği (Şekil 2) genotipler ile özellikler arasındaki ilişkileri ile özelliklerin birbiri birbirleri ile olan ilişkisini kurarak, ranking biplot grafiği (Şekil 3) genotipleri özelliklerin ortalaması bakımından stabilite durumunu belirleyerek, comparison biplot grafiği (Şekil 4) ise özelliklerin ortalaması bakımından ideal merkez oluşturarak genotiplerin genel performansı hakkında bize görsel olarak bilgi vermektedir. Araştırmada kullanılan genotipler incelenen özellikler bakımından bu grafiklerle incelenmiştir.

Sektör analizi (Şekil 1), tüm özelliklere ait ortalama veriler kullanılarak grafikte merkezden kenarlara doğru grafiği bölen sektörler oluşturularak genotipler ile özellikler arasında nasıl bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca özellikleri gruplara ayırarak hangi özellikler arasında sıkı bir bağ olduğunu göstermektedir (Şekil 1).

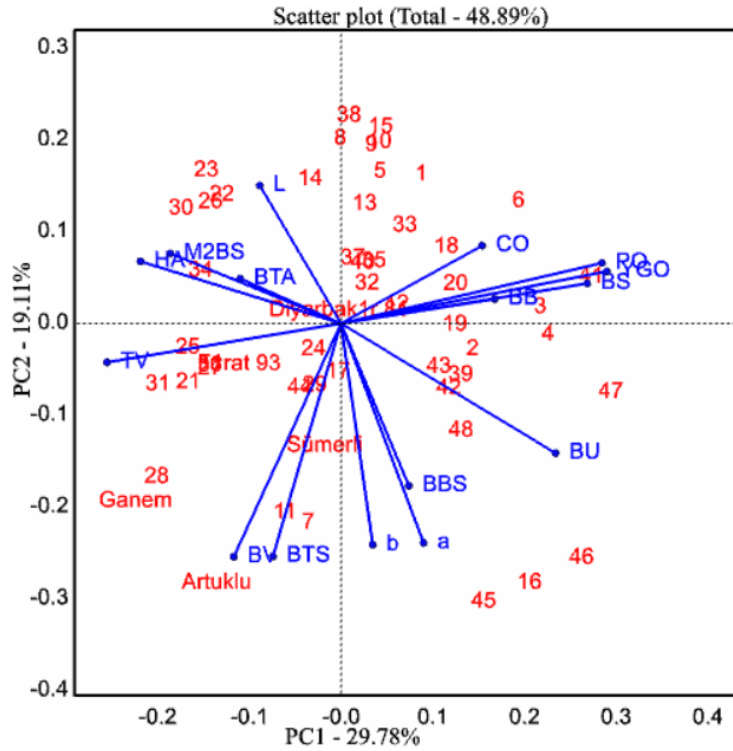


Şekil 1. Sektör analizi (genotipler ile ve özelliklerin gruplandırılması ve her bölgede en etkili genotiplerin belirlenmesi)

Şekil 1’ de x ekseninin -0,0’ dan başlayarak pozitif yöne doğru merkezden grafik köşelerine doğru kalın eğrilerle grafiği bölümlere ayıran her bir bölüm sektör olarak adlandırılır ve sağa doğru 1, 2, 3... şeklinde devam eder. Her bir sektörün merkezinde yer alan genotipler o sektör ve sektördeki özellikler bakımından en iyi genotip olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada biplot grafiği toplam 12 sektöre ayrılmıştır. İlk sektörde herhangi genotip yer almazken sadece BBS özelliği yer almamış, ikinci sektörde 46 nolu genotip merkezde konumlanırken özelliklerden BU yer almamıştır. Üçüncü sektörde 3, 4 ve 19 nolu genotipler ile BB ve BS yer almıştır. Dördüncü sektörde 44 nolu genotip merkezde yer almış 6, 18 ve 20 nolu genotipler ile RO ve CO özellikleri yer almıştır. Beşinci sektörde sadece 33 nolu genotip yer alırken, altıncı sektörde, hiçbir genotip ve özellik yer almamış, yedinci sektörde 38 nolu genotip merkezde yer alırken, ayrıca 5, 8, 9, 10, 13 ve 15 nolu populasyonlar yer almışlardır. 8. Sektörde ise 23 nolu genotip sektörün merkezinde yer alırken ayrıca 26, 30 ve 32 nolu genotipler ile L parlaklık değeri yer almışlardır. 9. sektörde sadece 34 nolu genotip ile HA, BTA ve M2BS özellikler yer almıştır. 10. sektörde Ganem çeşidi sektörün merkezinde, 21, 24, 25, 28 ve 31, Fırat ve Diyarbakır 81 çeşitleri ile TV yer almıştır. 11.sektörde Artuklu standart çeşidi merkezde, 7, 11, 17, 29, 42 ve Sumerli çeşidi ile

BV ve BTS özellikleri yer almıştır. 12. sektörde ise hiçbir genotip yer almayıp sadece a ve b sarı renk değerleri yer almışlardır. Aynı sektörlerde yer alan özellikler arasında pozitif bir korelasyon olduğu söylenebilir. Aynı sektörde bulunan genotipler, özellikler bakımından genetik olarak yakın, farklı sektörde yer alan genotipler ise uzak akraba olduklarını söyleyebiliriz. Bu çalışmada araştırmada standart olarak kullanılan çeşitlerin özellikle TV ile aynı sektörde yer almaları özellikle Ganem çeşidinin iyi sonuçlarına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca her bir sektörde üçgenin tam merkezinde yer alan genotipler (46, 44, 38, 23, Ganem ve Artuklu) konumlandıkları sektörde diğer genotiplere göre daha baskın oldukları anlamına gelmektedir. Öner ve Kendal [9] Mardin ili sınırlarından topladıkları yerel makarnalık buğday popülasyonları ile yaptıkları sektör analizinde benzer sonuçları elde etmişlerdir. Ayrıca Kendal *et al.* [38] orijinal verilerden elde edilen sektör grafiğinde çokgenlerle sonuçlar yorumlanabilmektedir. Ayrıca pek çok araştırma sonucunda farklı sektörlerde yer alan genotip ve çevreler olumsuz, aynı sektörlerde yer alan genotip ve çevreler ise olumlu bir ilişki, tümü aynı sektörde yer alıyorsa aralarında karışık bir etkileşim olduğunu belirtmektedirler.

Genotipler ile özellikler arasındaki ilişkiler Scatter Plot (Şekil 2) ile gösterilmiştir.

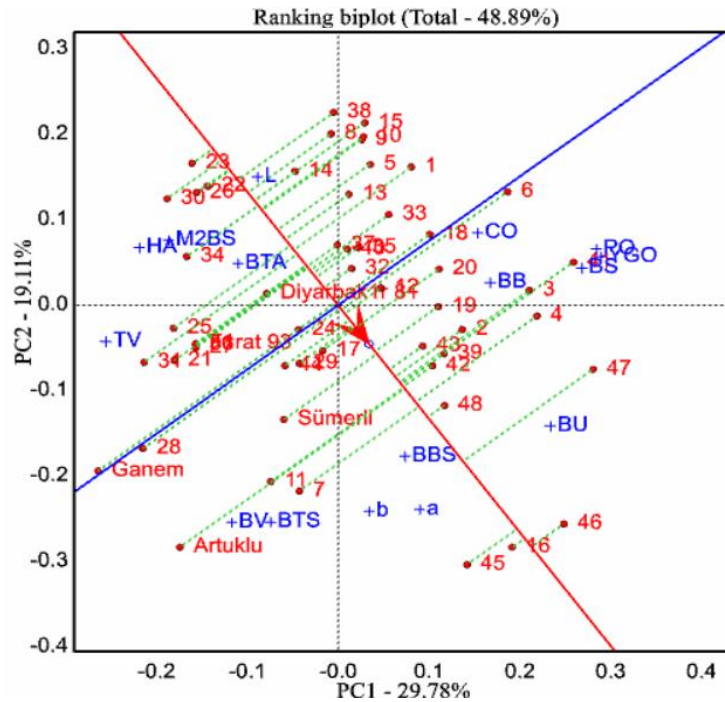


Şekil 2. Genotip-özellik ve özellikler arası ilişkiler

Bu yöntemde, görseldeki vektörler arasındaki açı görünümü daraldıkça (YGO ile RO, Haile BTA) olumlu ve yüksek korelasyon, açı görünümü açıldıkça (BU ile CO) korelasyonun zayıflığını, açı görünümü ve değeri 90 °C'den (PO ile L) daha büyük ise olumsuz bir korelasyon olduğunu, bu açı değeri yükseldikçe (PO ile M2BS) korelasyonun zayıfladığını belirtmektedir. Grafiğin orta yerine yakın

konumlanan genotipler (24, 17, 32) incelenen parametrelerin tamamına göre, uç noktalarda ve bazı özelliklerin yanında yer alan (45 nolu genotip a değeri bakımından, 23 nolu genotip L bakımından, Artuklu BV bakımından, 31 nolu genotip TV bakımından) genotiplerin konumlandıkları parametrelere göre iyi sonuçlara sahip olduklarını belirtmektedir. Uygun genotipleri belirlemek için genotip x özellik kombinasyon sonucu oldukça önemli olup genotipler hakkında fikir vermektedir. Parametrelere ait vektörler uzadıkça özel uyum yeteneklerinin (yani spesifik parametreler bakımından), kısaldıkça genel uyum yeteneklerinin (genotipler çoğu parametreler bakımından) yükseldiğini açıklamaktadır. GÖ analizinde yerel popülasyonlar özellikler bakımından grafik üzerinde iyi bir dağılım gösterdikleri dolayısıyla özellikler bakımından yüksek varyasyon gösterdikleri, standartlar ise daha çok verim ve verim ile pozitif ilişki içerisinde olan verimi destekleyen parametreler tarafında toplandıkları dolayısıyla verim ağırlıkları olduğu tespit edilmiştir. Vektörler arasındaki açı değeri ( $>0$ -- $<90^\circ$ ) azaldıkça olumlu, açı değeri ( $90^\circ$ -- $<180^\circ$ ) arttıkça olumsuz bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir [38, 39]. Ayrıca popülasyonlar ile yaptıkları GÖ analizinde benzer sonuçları elde ettiklerini dolayısıyla çalışmamızı desteklediğini söylemek mümkündür [9].

Ranking biplot (Şekil 3) grafiği, en stabil ve en uygun genotipler iki eğri (ok ile gösterilen dikey ve yatay) ile açıklana bilmektedir.

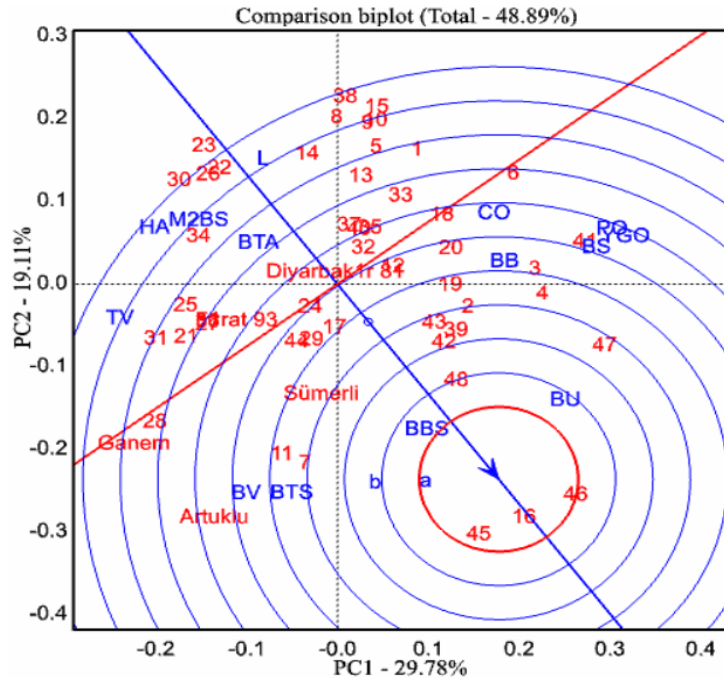


Şekil 3. Genotiplerin özelliklerin ortalamasını göre stabilitesi

Yatay eğri özelliklerin ortalamasını, dikey eğri (ok ile gösterilen) ise stabilite eğrisini göstermektedir. Mevcut görsele göre, tüm özellikler bakımından 46 nolu genotip en iyi sonuçlara, ortalama eğrinin üzerinde yer alan 16 nolu genotip en stabil, 29 nolu genotip ise tüm özellikler

bakımından en kötü sonuçlara sahip olduğunu, Artuklu, 6 ve 15 nolu genotipler stabil eğrisinden oldukça uzakta oldukları için tutarsız olduklarını göstermiştir. Mavi renkle belirlenen eğrinin üzerinde ve stabilite eğrisine yakın olan (16, 45, 46..) genotipler seleksiyonda seçilirken, ortalama eğrinin altında yer alan (38, 8, 30, 34) genotipler ise seleksiyonda elenmesi gerekmektedir. Söz konusu model görsel olarak stabil genotipleri tespit etmek için oldukça başarılı yöntem olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [40, 41, 42].

Genotipler, comparison biplot (Şekil 4) ile ortalama veriler üzerinden oluşturulan ideal merkeze göre uygunlukları hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 4. Genotiplerin ideal merkeze göre sıralanması

Bu grafiğin merkezi(ok ile belirtilen merkez) en ideal bölge olup genotipler bu bölgeye göre sıralanmaktadır [43, 44]. Kırmızı renk ile belirtilen eğri ortalamayı göstermekte ve genotipler ortalamaya göre performansları hakkında bilgi vermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, 16, 45 ve 46 nolu genotip ideal merkezde yer aldıkları ve tüm parametreler bakımından yüksek performans sergiledikleri anlamına gelmektedir. Diğer bazı genotipler (47, 48, 42, 4, 39 vb.) ortalama eğrinin üzerinde olup parametrelerin ortalaması bakımından iyi sonuçlara sahip olduğunu, 23, 30, 32, 34, 31 gibi bazı genotipler ise ortalama eğrinin altında kalıp tüm parametrelerin ortalaması bakımından kötü sonuçlara sahip olduklarını göstermektedir.

#### **4. SONUÇLAR**

Bu araştırma sonuçları, makarnalık buğday orijin bölgesi olan Diyarbakır ilinden toplanan makarnalık buğday genotiplerinin tüm özellikler bakımından yüksek bir varyasyon gösterdiği bu nedenle ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanıldıkları takdirde ıslah başarısına katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Araştırmada kullanılan 16, 45 ve 46 nolu genotipler tüm özellikler bakımından, 7, 11, 12, 14, 25, 26, 27, 28 ve 30 nolu genotipler tane verimi bakımından, 22 ve 23 nolu genotipler de özellikle L parlaklık değeri, bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı bakımından; ayrıca burada kodu belirtilemeyen bazı genotipler de diğer özellikler bakımından tatminkâr sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan genotipler öne çıktıkları parametreler dikkate alınarak ıslah çalışmalarında kullanılabilirler. Ayrıca GT biplot tekniğinin çalışmada kullanılan genotipleri görsel olarak birbirleri ve özellikler bakımından değerlendirmek için son derece elverişli sonuçları sergilediği ve değerlendirmede kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır. Buna ilaveten daha sonra yapılacak çalışmalarda bu genotiplerin SDS-PAGE veya başka analizler ile akrabalık ilişkilerine de bakılarak genetik olarak birbirlerine yakınlık ve uzaklıkları da tespit edilmeli ve gen havuzumuza aktararak gen havuzumuzun zenginleşmesine katkı sağlanmalıdır.

#### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yöneticileri ve Serin İklim Tahılları /Buğday Islah Şubesi çalışanlarına teşekkür ederiz.

#### **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Bu makale Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı programında yürütülen ve 2022 yılında sonuçlandırılan yüksek lisans tezinden üretilmiş olup çıkar çatışması yoktur.

#### **ETİK BEYANI**

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Yazar 1: Kavramsallaştırma, veri toplama, verinin düzenlenmesi, analiz araçlarını sağlama, yazılım, finansman edinimi. Yazar 2: Kavramsallaştırma, yazma-orijinal taslak hazırlama, gözetim ve liderlik sorumluluğu, yazma-gözden geçirme ve düzenleme, görselleştirme, analiz, inceleme, metodoloji, doğrulama, proje yönetimi, finansman edinimi.

## KAYNAKLAR

- [1] Y. Kırtok, Genel tarla bitkileri. *Serin ve Sıcak İklim Tahılları*. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, 1997.
- [2] E. Kendal, “Bazı makarnalık buğday çeşitlerinde genotip x çevre interaksyonun kalite ile verim özelliklerine etkisi,” Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Antakya, Hatay, 2013.
- [3] R. Yeni, *Buğday Raporu*. [Online]. [http://www.tkv-dft.org.tr/medya/media/191\\_1656073551.pdf](http://www.tkv-dft.org.tr/medya/media/191_1656073551.pdf). Erişim Tarihi: 07.01.2023, 2022.
- [4] İ. Özberk, F. Özberk, Y. Coşkun, “Özberk Urfa-2005 Makarnalık buğday çeşitlerinin verim performansları ve stabiliteleleri”. *Harran Ü. Ziraat Fak. Dergisi*, cilt. 9, no. 3, s.29-34, 2005.
- [5] X. Q. A. Huang, M. S. Börner, M. W. Röder Ganal, “Assessing genetic diversity of wheat germplasm using microsatellite markers,” *Theor. Appl. Genet.*, vol. 105, no. 5, pp. 699–707, 2002.
- [6] S. C. Gupta and C. P. Srivastava, “Effect of salt stress on morphophysiological parameters in wheat (*Triticum aestivum* L.),” *Indian J. Plant Physiol.*, vol. 32, no. 2, pp. 169-171, 1989.
- [7] E. Nevo, “Genetic resources of wild Emmer, *Triticum Dicocoides*, for wheat improvement in the third millennium,” *Israel J. Plant Sci.*, vol. 49, (sup1) pp.77-92, 2001.
- [8] M. Bayhan, “Diyarbakır koşullarında bazı uluslararası ileri kademe makarnalık buğday Materyalinin tarımsal özelliklerinin incelenmesi,” Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 2017.
- [9] K. Öner, E. Kendal, “Mardin ili sınırlarından toplanan yerel makarnalık buğday popülasyonlarının karakterizasyonu,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt. 11, no. 1, s. 1-1, 2022.
- [10] Ş. Kanat, “Viranşehir’de yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin verim kalite ve pazar fiyatı yönünden değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2017.
- [11] M. S. Polat, “Makarnalık buğdayda kalite ve verim istikrarı,” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2017.
- [12] M. A. Sakin, İ. Naneli, K. Özdemir, S. Şahinter, “Tokat-Zile koşullarında bazı makarnalık buğday (*Triticum durum* L.) çeşit ve hatlarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi,” *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, cilt. 33, no. 1, s. 149-161, 2016.
- [13] F. Çığ, M. Karaman, “Güneydoğu Anadolu orijinli yerel makarnalık buğday genotiplerinin bazı tarımsal karakterler bakımından değerlendirilmesi,” *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, cilt. 6, no. 1, s.10-19. 2019.



- [14] E. Kendal, S. Tekdal, H. Aktaş, M. Karaman, “Kalite parametreleri yönünden yerli ve yabancı bazı makarnalık buğday çeşitlerinin değerlendirilmesi,” *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, cilt. 5, no.1 s. 97-100, 2012b.
- [15] G. Akkaya, “Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin Şanlıurfa koşullarında değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 2019.
- [16] M. B. Çetiz, “Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin mardin kiziltepe koşullarında verim ve kalite parametreleri yönünden belirlenmesi,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [17] A. Mahdi, “Bazı makarnalık buğday genotiplerinin Türkiye ve irak şartlarında verim ve agronomik özelliklerinin belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2017.
- [18] C. Akıncı, M. Yıldırım, “F6 Jenerasyonundaki bazı makarnalık buğday hatlarının verim ve verim unsurlarının karşılaştırılması,” *Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi*, cilt. 2, s. 419, 2009.
- [19] H. Kılıç, E. Dönmez, S. Yatar, T. Şanal, A. Altukat, “Elazığ ve Malatya şartlarına uygun makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma,” *Bitkisel Araştırma Dergisi*, cilt. 2, s. 6-13, 2007.
- [20] H. Kılıç, “Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında makarnalık buğday (*Triticum Turgidum* Ssp Durum) çeşitlerinin bazı tarımsal ve kalite özellikleri ile stabilitesi üzerine araştırma” Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2003.
- [21] S. Tekdal, E. Kendal, “Bazı yerel durum buğday popülasyonlarının modern genotiplerle kıyaslanması,” *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, cilt. 8, no. 2, s. 40-46, 2015.
- [22] S. Tekdal, M. Yıldırım, “Durum buğday çeşit, ileri hat ve yerel popülasyonlarının kalite özelliklerinin değerlendirilmesi,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt. 10, no. 1, s. 13-34, 2021.
- [23] C. J. Peterson, R. A. Graybosch, P. S. Baenziger, A. W. Grombacher, “Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat,” *Crop Science*, vol. 32, no. 1, pp. 98-103, 1992.
- [24] S. Tekdal, E. Kendal, H. Aktaş, M. Karaman, H., Doğan, S. Bayram, A. Efe, “Biplot analiz yöntemi ile bazı makarnalık buğday hatlarının verim ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi,” *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, cilt. 26, 68-73, 2017.
- [25] H. Kılıç, H. S. Tekdal, E. Kendal, Aktaş, “Augmented Deneme Desenine dayali ileri kademe makarnalık buğday (*Triticum turgidum* ssp durum) hatlarının biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi,” *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, cilt. 15, 4, s. 18-25, 2012.
- [26] A. Atlı, “Buğday ve Ürünleri Kalitesi” *Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu*, Konya, 1999.
- [27] İ. Özberk, F. Özberk, “Makarnalık buğdayda verim komponentleri ve verim arasındaki ilişkiler,” *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, s. 275-285, 1993, 2012.
- [28] H. Budak, S. Karaaltın, “Bazı makarnalık (*Triticum Durum* Desf.) buğday çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle kalite özelliklerinin belirlenmesi,” *Anadolu, J. of AARI*, cilt. 8, no. 2, s. 66-79, 1998.
- [29] H. Özkaya, B. Özkaya, “Makarna kalitesinde buğday bileşiminin önemi,” *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, Ankara, 1993.

- [30] W. Bushuk, and R.R. Zillman, "Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature," *Canadian Journal of Plant Science*, vol.58, pp.505-515, 1978.
- [31] S. Tekdal, "Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bazı durum buğday çeşit yerel popülasyon ve hatlarının tane ve bulgur kalitesi yönünden değerlendirilmesi," Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 2015.
- [32] M. Tosun, İ. Demir, S. Yüce ve C. Sever, "Buğdayda proteinin kalıtımı," *Türkiye 2. Tarla Bitkileri Kongresi*, s. 61-65. 1997.
- [33] F. Kızılgöçü, M. Yıldırım, C. Akıncı, Ö. Albayrak, F. Başdemir, "İleri kademe makarnalık buğday popülasyonlarının verim ve kalite yönünden seleksiyonda kullanılabilirliği," *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt. 10, no. 2, s. 62-68, 2015.
- [34] B. Taş, "Bursa ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin kimi kalite özelliklerinin incelenmesi," *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt. 15, s. 43-54, 2019.
- [35] B. Demir, M. Şahin, A. G. Akçacık, S. Aydoğan, S. Hamzaoğlu, Ç. M. Güçbilmez, & M. Türköz, "Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen makarnalık buğday (*Triticum durum* L.) genotiplerinde bazı kalite özelliklerinin miksograf cihazı ile değerlendirilmesi," *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, cilt.29, no.2, s.121-139, 2019.
- [36] M. Türköz, "Konya ekolojisinde bazı makarnalık buğday genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi" Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [37] S. Aydoğan, M. Şahin, A. G. Akçacık, Y. Kaya, İ. Kara, M. Türköz, M. Akçura, "Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi," *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, cilt. 1, s. 82-85, 2012.
- [38] E. Kendal, Y. Doğan, E. Oral, M. Koyuncu, "Investigating the quality of durum wheat landraces and determination of parents to use in breeding programs," *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, no. 3, pp. 6031-6049, 2019.
- [39] F. Hailu, A. Merker, "Variation in gluten strength and yellow pigment in Ethiopian tetraploid wheat germplasm," *Genetic Resources and Crop Evolution*, cilt. 55, no. 2, s. 277-285, 2008.
- [40] M. Yaşar, "Sensitivity of different flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes to salinity determined by GE biplot," *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(4), 103592, 2023.
- [41] M. Yaşar, M. Sezgin, "Farklı çevre şartlarında yetiştirilen yağlık ayçiçeği genotiplerinin ammi analizi ile genotip x çevre interaksiyonlarının incelenmesi," *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt 12, no.4, s. 2532 – 2542, 2022.
- [42] R. Mohammadi, "Genotype by yield trait biplot for genotype evaluation and trait profiles in durum wheat," *Cereal Research Communications*, vol. 47, no. 3, pp. 541-551, 2019.
- [43] F. Kızılgöçü, O. Albayrak, M. Yıldırım, "Evaluation of thirteen durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes suitable for multiple environments using GGE biplot analysis," *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 28, no. 9, pp. 6873-6882, 2019.
- [44] M. Yaşar, "Yield and fiber quality traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars analyzed by biplot method. *Journal of King Saud University-Science*, vol.35, no.4, 102632, 2023.



*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Diyarbakır Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Tane Verimi ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi**

*Investigation for Grain Yield and Quality Characteristics of Some Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars in Diyarbakır Conditions*


Sinan BAYRAM<sup>1,\*</sup> , Soner YÜKSEL<sup>2</sup> , Hasan DOĞAN<sup>3</sup> , Sertaç TEKDAL<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 54060, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup> Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 26001, Eskişehir, Türkiye

<sup>3</sup> Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 09800, Aydın, Türkiye

<sup>4</sup> GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1257793>

**MAKALE BİLGİSİ**

**Makale Tarihi**

*Alınış, 28 Şubat 2023*

*Revize, 13 Mayıs 2023*

*Kabul, 14 Mayıs 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

**Anahtar Kelimeler**

*Arpa, Çeşit, Kalite özellikleri, Tane verimi, Yatma*

**ÖZ**

Bu araştırma, Diyarbakır koşullarında bazı arpa çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2016-17 ve 2017-18 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait 8 (Bilgi-91, Çıldır-02, Erginel-90, İnce-04, Kalaycı-97, Keser, Özdemir-05, Ünver), GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne ait 4 (Altıkat, Barış, Kendal, Şahin-91) olmak üzere toplam 12 adet arpa çeşidi kullanılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada, arpa çeşitlerinin yatma oranı, bitki boyu, başaklanma gün sayısı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, nişasta oranı, tane nem oranı ve tane verimi incelenmiştir. Yılların ortalamasına göre çeşitlerin yatma oranı %0,0-71,2, bitki boyu 86,3-106,3 cm, başaklanma gün sayısı 111,3-119,0 gün arasında değişmiştir. Bin tane ağırlığı 31,7-41,2 g, hektolitre ağırlığı 62,5-69,6 kg hl<sup>-1</sup>, protein oranı %13,8-16,3, nişasta oranı %57,5-60,2, tane nemi %7,7-8,1 ve tane verimi ise 435,0-681,7 kg da<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Tane verimi yönünden Barış ve Kendal çeşitlerinin en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak Diyarbakır koşullarına, tane verimi yüksek Barış çeşidi ile Kendal, Altıkat, İnce-04 ve Bilgi-91 çeşitlerinin uygun olduğu belirlenmiştir.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [sinan.bayram@tarimorman.gov.tr](mailto:sinan.bayram@tarimorman.gov.tr) (Sinan BAYRAM), [soner.yuksel@tarimorman.gov.tr](mailto:soner.yuksel@tarimorman.gov.tr)

(Soner YÜKSEL), [hasandogan@tarimorman.gov.tr](mailto:hasandogan@tarimorman.gov.tr) (Hasan DOĞAN), [sertac.tekdal@tarimorman.gov.tr](mailto:sertac.tekdal@tarimorman.gov.tr) (Sertaç TEKDAL)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 28 February 2023

Revised, 13 May 2023

Accepted, 14 May 2023

Available Online, 01 October 2023

### Keywords

Barley, Variety, Quality characteristics, Grain yield, Lodging

## ABSTRACT

This research was carried out to determine the grain yield and quality characteristics of some barley cultivars in 2016-17 and 2017-18 plant growing seasons in Diyarbakır. In this research a total of 12 barley cultivars were used. Eight of the cultivars (Bilgi-91, Çıldır-02, Erginel-90, İnce-04, Kalaycı-97, Keser, Özdemir-05, Ünver) were belonging to Transitional Zone Agricultural Research Institute. Four of the cultivars (Altıkat, Barış, Kendal, Şahin-91) belonging to GAP International Agricultural Research and Training Center. This experiment was designed in randomized complete blocks with three replications. In the study lodging rate, plant height, number of days to heading, thousand grain weight, hectoliter weight, protein content, starch content, grain moisture content and grain yield of barley cultivars were examined. According to the average of the years, lodging 0.0-71.25%, plant height 86.3-106.3 cm, number of days to heading 111.3-119.0 day, thousand grain weight 31.7-41.2 g, hectoliter weight 62.5-69.6 kg hl<sup>-1</sup>, protein content 13.8-16.3%, starch content 57.5-60.2%, grain moisture content 7.7-8.1% and grain yield of cultivars 435.0-681.7 kg da<sup>-1</sup>. It has been determined that Barış and Kendal cultivars have the highest value in terms of grain yield. As a result, it was determined that Barış variety with high grain yield and Kendal, Altıkat, İnce-04 and Bilgi-91 cultivars would be suitable for Diyarbakır conditions.

## 1. GİRİŞ

Yüzyıllar öncesinde doğrudan insan yiyeceği olarak tüketilmesi, yıllar geçtikçe hem kesif yem olarak hayvancılıkta hem de ham madde olarak malt-bira sanayinde kullanılması ve tarım alanları içerisindeki payı ile arpa en eski ve önemli kültür bitkilerinden biridir. Dünya tahıl üretimi içerisinde buğday, mısır ve çeltikten sonra dördüncü sırada, ülkemizde ise buğdaydan sonra ikinci sırada yer alan arpa, insan ve hayvan beslenmesindeki öneminin yanında pek çok ürünün de ham maddesidir. 2021 yılı dünya verilerine göre arpa üretim alanı toplam 49 milyon ha, üretim miktarı ise 146 milyon tondur [1]. Ülkemizde 2022 yılında arpanın ekim alanı 3,2 milyon ha, üretimi 8,5 milyon ton ve verimi ise 266 kg da<sup>-1</sup> olmuştur. Arpa tarımı ülkemizin her bölgesinde yapılmakla birlikte Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu, üretimde en büyük paya sahip bölgelerdir [2].

Arpanın adaptasyon yeteneği yüksek, yetiştiriciliği kolaydır. Ayrıca hem kuru hem de sulu koşullar için iyi bir ekim nöbeti bitkisi olması arpanın önemini arttırmaktadır. Arpa, buğdaya göre daha erkenci olduğundan, yağışın az ve düzensiz olduğu yörelere iyi uyum sağlamak ve ikinci ürüne uygun olan bölgelerde erkencilik özelliğinden dolayı önem kazanmaktadır. Buğdaya göre çıkıştan sonra daha hızlı bir büyüme ve gelişme göstermesi, arpanın yabancı otlara karşı baskın duruma geçmesini de sağlamaktadır.

Hayvancılık sektöründeki gelişmelerle birlikte kesif yem olarak arpaya olan talebin artmasına rağmen arpa ekim alanlarımız azalmakta, arpa üretimimiz bazı yıllarda ihtiyacımızı

karşılıyamadır. Nitekim Türkiye, 2015-2019 döneminin ortalaması olarak yılda yaklaşık 7.600 ton arpa ihraç etmesine rağmen, 358 bin ton civarında arpa ithal etmiştir [3]. Bu ihtiyacın karşılanması arpa üretiminin, dolayısıyla birim alandan elde edilecek tane veriminin artırılması ile mümkündür.

Tahıllarda kalite özellikleri ve tane verimi birden fazla gen tarafından yönetilen kantitatif kalıtmalı karakterler olduğundan, çevre şartlarından yüksek oranda etkilenmektedir [4]. Ülkemizde arpa tarımının genellikle yağışa dayalı şartlarda yapılmasından ve bu alanlardaki yağış miktarının yıllara ve yıl içerisindeki dağılımına göre farklılık göstermesinden dolayı farklı çevrelere ve iklim koşullarına uyum gösterebilen, yüksek verimli ve kalitesi iyi çeşitlerin tespit edilmesi büyük bir önem arz etmektedir [5]. Her yörenin ekolojik koşullarına uygun arpa çeşitlerinin geliştirilmesi ve belirlenmesi amacıyla yürütülen çeşit geliştirme ve adaptasyon çalışmaları farklı koşullarda uzun yıllardan beri sürdürülmektedir.

Bu çalışmada, Diyarbakır yağışa dayalı koşullarında 12 arpa çeşidinin adaptasyonu, bazı tarımsal özellikleri, tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında iki yıl süreyle, Diyarbakır GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne ait deneme alanında, yağışa dayalı koşullarda yürütülmüştür. Materyal olarak, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait 8, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne ait 4 olmak üzere, yazlık ve alternatif karakterli toplam 12 adet arpa çeşidi kullanılmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Araştırmada kullanılan arpa çeşitlerine ait bazı bilgiler

No	Çeşitler	Gelişme tabiatı	Çeşit sahibi kuruluş	Başakta sıra sayısı
1	Bilgi-91	Yazlık	GKTAEM <sup>1</sup>	2
2	Çıldır-02	Alternatif	GKTAEM	2
3	Erginel-90	Alternatif	GKTAEM	6
4	İnce-04	Alternatif	GKTAEM	2
5	Kalaycı-97	Alternatif	GKTAEM	2
6	Keser	Alternatif	GKTAEM	2
7	Özdemir-05	Alternatif	GKTAEM	2
8	Ünver	Alternatif	GKTAEM	2
9	Altıkat	Yazlık	GAPUTAEM <sup>2</sup>	6
10	Barış	Yazlık	GAPUTAEM	2
11	Kendal	Yazlık	GAPUTAEM	6
12	Şahin-91	Yazlık	GAPUTAEM	2

<sup>1</sup>GKTAEM: Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü

<sup>2</sup>GAPUTAEM: GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi

Diyarbakır ilinin uzun yıllar ortalamasına göre toplam yağış miktarı 480,3 mm'dir. 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarına ait toplam yağış miktarları ise sırası ile 453,0 ve 462,0 mm olmuştur. Araştırmanın yürütüldüğü ürün yıllarındaki yağış miktarı, uzun yıllar ortalamasına göre daha düşüktür. 2016-17 sezonunda 19-20 Mayıs 2017 tarihlerinde yağışla birlikte şiddetli fırtına gerçekleşmiştir. 2017-18 sezonunda arpanın büyüme ve gelişme dönemlerinde (mart-nisan) yoğun kuraklık yaşanmış, mayıs ayında ise yağış miktarı uzun yıllar ortalamasına (42,6 mm) göre önemli miktarda yüksek (157,6 mm) olmuştur. Diyarbakır'da uzun yıllar ortalamasına göre ortalama sıcaklık 13,1 °C'dir. 2016-17 ürün yılında ortalama sıcaklık (12,5°C) uzun yıllar ortalamasından daha düşük olmuş, 2017-18 yılı (14,7 °C) ise uzun yıllar ortalamasına göre daha sıcak geçmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** 2016-17 ve 2017-18 ürün yılları ile uzun yıllar ortalamasına ait iklim verileri\*

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)			Toplam yağış miktarı (mm)		
	2016-2017	2017-2018	UYO**	2016-2017	2017-2018	UYO
Eylül	24,2	26,8	24,7	5,2	0	9,5
Ekim	18,8	17,2	17,4	13,6	22,0	33,5
Kasım	8,2	10,0	9,8	52,0	21,2	50,0
Aralık	2,4	5,8	4,2	135,6	12,8	72,5
Ocak	1,5	5,2	1,7	20,6	86,4	61,8
Şubat	1,5	7,6	3,6	3,8	86,2	62,7
Mart	9,4	12,4	9,4	90,2	12,8	73,2
Nisan	12,8	15,9	13,8	98,8	48,6	64,7
Mayıs	18,8	19,4	19,3	30,6	157,6	42,6
Haziran	26,9	26,6	26,6	2,6	14,4	9,8
Toplam	-	-	-	453,0	462,0	480,3
Ortalama	12,5	14,7	13,1	-	-	-

\*Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün yıllık iklim rasatlarından alınmıştır.

\*\*Uzun yıllar ortalaması

Denemenin yürütüldüğü toprakların her iki yılda da yapılan analiz sonuçları, deneme alanı topraklarının tekstür sınıfının killi, alkalın reaksiyonlu, organik madde miktarının çok az, fosfor bakımından fakir ve orta kireçli olduğunu ve tuzluluk sorununun olmadığını göstermiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Deneme yeri toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri\*

Yıllar	Tekstür sınıfı	Organik madde (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	Toplam tuz (%)	Su ile doyumluk (%)	pH
2016-17	Killi	0,96	7,31	1,49	0,023	72,5	8,15
		Çok az	Orta kireçli	Çok az	Tuzsuz		Alkalın
2017-18	Killi	0,98	8,64	2,86	0,034	75,9	8,10
		Çok az	Orta kireçli	Çok az	Tuzsuz		Alkalın

\*Analizler, GAPUTAEM toprak analiz laboratuvarında yapılmıştır.

Deneme, tesadüf blokları deneme deseninde, 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekim işlemi, 450 tohum/m<sup>2</sup> ve her parselde 6 bitki sırası olacak şekilde, deneme mibzeri ile 1,2 m x 3,5 m = 4,2 m<sup>2</sup> ebadında parsellere yapılmıştır. Deneme alanına toplam 12 kg/da saf azot (N) ve 6 kg/da fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) verilmiştir. Fosforun tamamı ile azotun yarısı ekimle, azotun kalan yarısı da sapa kalkma döneminde

verilmiştir [6]. Ayrıca geniş yapraklı yabancı otlara karşı kardeşlenme döneminde kimyasal mücadele yapılmıştır. Hasat olgunluğuna gelen parsellerde hasat ve harman, parsel başlarından 50 cm kenar tesiri bırakılarak parsel biçerdöveri ile 3 m<sup>2</sup> üzerinden yapılmıştır.

Araştırmada arpa çeşitlerinin yatma oranı (%), bitki boyu (cm), başaklanma gün sayısı (gün), bin tane ağırlığı (g), hektolitre ağırlığı (kg hl<sup>-1</sup>), tanede protein oranı (%), nişasta oranı (%), tane nem oranı (%) ve tane verimi (kg da<sup>-1</sup>) özellikleri Oral *et al.* [7]'na göre incelenmiştir. Yatma değeri, başaklanmadan sonra parsellerdeki yatma gösteren bitkilerin o parseldeki tüm bitkilere oranlanmasıyla elde edilmiştir. Bitki boyu, hasat olgunluğu döneminde, her parselde şansa bağlı 10 bitkinin kök boğazından başağın en üst başakçık ucuna kadar olan kısım ölçülerek belirlenmiştir. Başaklanma gün sayısı için 1 Ocak tarihinden, başaklanma tarihine kadar geçen gün sayısı esas alınmış olup parsellerdeki bitkilerin yaklaşık %50'sinin başaklarını bayrak yaprak kınından tamamen çıkardığı tarih başaklanma tarihi olarak kaydedilmiştir. Bin tane ağırlığı, her parselin tane ürününden vibrasyonlu tane sayma cihazı (Numigral II) ile 4 defa 100 adet tane sayılarak ayrı ayrı tartılmış ve ortalaması 10 ile çarpılarak belirlenmiştir. Her parselden alınan örneklerin hektolitre ağırlıkları NIT cihazında kg hl<sup>-1</sup> cinsinden tespit edilmiştir. Her parselin tane ürününden alınan örneklere ait protein oranı, nişasta oranı ve tane nem oranı NIT (model IM 9500) cihazında % olarak belirlenmiştir. Tane verimi ise, parsel biçerdöveri ile 3 m<sup>2</sup>'lik alandan hasat edilen tane ürünü tartılıp kg da<sup>-1</sup> olarak hesaplanarak belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin varyans analizleri deneme planına uygun olarak JMP 7.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) paket programı kullanılarak yapılmış, önemli bulunan faktör ortalamaları LSD çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1 Yatma ve Bitki Boyu

Araştırmada yatma yönünden arpa çeşitleri arasındaki farkların her iki ürün yılında ve ürün yıllarının ortalamasına göre önemli olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın ilk yılında, en yüksek yatma oranı sırasıyla Şahin-91, Keser, Erginel-90 ve Özdemir-05 çeşitlerinde görülmüş, diğer çeşitlerde yatma olmamıştır. 2016-17 ürün yılında 19-20 Mayıs 2017 tarihlerinde gerçekleşen şiddetli fırtına ve yoğun yağış nedeniyle bütün parsellerde %100 yatma olmuştur. Fırtınadan sonra sadece Bilgi-91 çeşidinde yatma görülmemiştir. 2016-17 ürün yılı için verilen yatma değerleri (Tablo 4), bu tarihten (19-20 Mayıs) önceki değerlerdir. İkinci yılda ise en yüksek yatma değerleri sırasıyla Şahin-91, Erginel-90, Altıkış, Keser ve Çıldır-02 çeşitlerinde kaydedilmiş, diğer genotiplerde yatma görülmemiştir. İki ürün yılının ortalamasına göre yatma oranı en yüksek çeşit %71,2 ile Şahin-91 olmuş, bu çeşidi azalan sıra ile Keser

(%63,7), Erginel-90 (%55,0), Altıkat (%25,0), Çıldır-02 (%15,0) ve Özdemir-05 (%10,0) çeşitleri izlemiştir (Tablo 4).

Bitki boyu yönünden arpa çeşitleri arasındaki farklar her iki yılda ve yılların ortalamasına göre önemli bulunmuş, ayrıca bitki boyuna yılların etkisi de önemli olmuştur. Araştırmada kullanılan arpa çeşitlerinin bitki boyu 2016-17 ürün yılında 102,5-142,5 cm, 2017-18 ürün yılında ise 55,0-82,5 cm arasında değişim göstermiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 2017-18 ürün yılında (64,6 cm), 2016-17 ürün yılına (127,5 cm) göre daha kısa bitki boyu belirlenmiştir. Bitki boyunda görülen farklılıklar, çeşitlerin genetik yapılarından kaynaklanabileceği gibi vejetatif gelişmenin fazla olduğu nisan ve mayıs aylarında görülen yağışlara göre de şekillenmektedir [8]. Bu araştırmada da 2017-18 ürün yılında Diyarbakır'da arpanın büyüme ve gelişme dönemlerine denk gelen mart ve nisan aylarında yağış miktarı bir önceki yıla ve uzun yıllar ortalamasına göre ciddi anlamda düşük olmuş (Tablo 2), yaşanan bu kuraklıktan dolayı bitki boyları kısa kalmıştır. En kısa bitki boyuna araştırmanın ilk yılında Barış, Özdemir-05 ve Keser, ikinci yılında ise Altıkat ve Keser çeşitleri sahip olmuştur. En uzun bitki boyu ise ilk yıl İnce-04, Çıldır-02 ve Erginel-90; ikinci yıl Kendal ve Şahin-91 çeşitlerinde tespit edilmiştir. Ürün yılları ortalaması olarak çeşitlerin bitki boyları 86,3-106,3 cm arasında değişim göstermiş, en kısa bitki boyuna Barış çeşidi sahip olmuş ve bu çeşidi Keser (88,8 cm) ve Ünver (91,3 cm) takip etmiştir. Boyu en uzun çeşitler ise Kendal (106,3 cm), Şahin-91 (101,3 cm) ve İnce-04 (101,3 cm) olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Arpada bitki boyu, yatmaya dayanıklılık, verim ve verim bileşenleri ile kalite üzerinde etkileri bulunan morfolojik bir karakterdir. Tane veriminde ciddi kayıplara sebep olan yatmanın etkisini en aza indirebilmek amacıyla kısa boylu ve sağlam sap yapısına sahip çeşitlerin ıslahı için son yıllarda önemli çalışmalar yürütülmektedir [9]. Islah çalışmalarıyla kısa boylu çeşitler geliştirilmiş olmasına rağmen ülkemiz gibi hayvan yemi açığı olan ülkelerde saman önemli bir katma değere sahip olduğu için genelde geliştirilen çeşitlerde 80-100 cm bitki boyu istenmektedir. Daha uzun çeşitlerin yatma eğiliminde olduğu dikkate alınırsa en ideal bitki boyunun bu değerler arasında olabileceği söylenebilir [10]. Bu açıklamalar ışığında bu araştırmada iki yılın ortalamasına göre 96,0 cm olarak belirlenen bitki boyunun literatüre uygun değerde olduğu görülmüştür.

Farklı yıllarda ve lokasyonlarda yapılan çalışmalarda, bitki boyu değerlerinin ve buna bağlı olarak yatmanın, arpa genotiplerinde farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim Kara *et al.* [11], bitki boyu bakımından yıl x genotip interaksyonunun önemli olduğunu, çeşitlerin ve yılların çevresel faktörlerden dolayı farklı tepki gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine Sirat ve Sezer [12], bitki boyunun genotiplerde yıllara göre değişebildiğini ve yağış miktarının düşük olmasının, boyun kışalmasına neden olduğunu belirlemişlerdir.



Diyarbakır şartlarında Akıncı *et al.* [13] tarafından 10 arpa çeşidiyle iki yıl yürütülen bir çalışmada, bitki boylarının ilk yılda 62,8 cm ile 94,2 cm arasında değişiklik gösterdiği ve bitkilerde yatma görülmediği, ikinci yılda ise 76,5 cm ile 106,1 cm arasında değiştiği ve uzun boylu çeşitlerin yattığı tespit edilmiştir. Trakya koşullarında 4 adet arpa çeşidi ve 20 ileri kademe arpa hattı ile yürütülen çalışmada ise, boy uzunluğunun 93 cm ile 118 cm aralığında değiştiği ve genotiplerde %30-65 oranında değişen yatma görüldüğü bildirilmiştir [14].

### 3.2 Başaklanma Gün Sayısı

Başaklanma gün sayısı bakımından araştırmada kullanılan arpa çeşitleri arasındaki farklar, her iki yılda ve yılların ortalamasında önemli bulunmuştur. Arpa çeşitlerinin 1 Ocak tarihinden başaklanma tarihine kadar geçen süreyi ifade eden başaklanma gün sayısı 2016-17 ürün yılında 116,5-128,5 gün, 2017-18 ürün yılında ise 102,5-110,5 gün arasında değişim göstermiştir. Başaklanma gün sayısına yılların etkisi de önemli olmuş, çeşitlerin ortalamasına bakıldığında 2016-17 yılında (124,5 gün), 2017-18 ürününe (107,7 gün) göre önemli derecede düşük başaklanma gün sayısı belirlenmiştir.

Araştırmanın ilk yılında en erken başaklanma sırasıyla Altıkat, Kendal ve Barış; en geç başaklanma ise sırasıyla Keser, Erginel-90 ve Özdemir-05 çeşitlerinde görülmüştür. İkinci yılda ise en erken başaklanan çeşitler sırasıyla Bilgi-91, Barış, Altıkat olurken en geç başaklananlar ise Şahin-91, Özdemir-05, Kalaycı-97 ve Ünver olarak kaydedilmiştir. İki ürün yılının ortalamasına göre ise başaklanma gün sayısı 111,3-119,0 gün arasında değişmiş, en düşük başaklanma gün sayısına sahip çeşit Barış (111,3 gün) olmuş, bu çeşidi Altıkat (111,5 gün) ve Kendal (112,5 gün) çeşitleri izlemiştir. En yüksek başaklanma gün sayısı ise Özdemir-05 çeşidinde 119,0 gün, Şahin-91, Ünver ve Erginel-90 çeşitlerinde ise 118,5 gün olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Tahıllarda erkencilik (erken başaklanma), tercih edilen bir durumdur. Farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda [13, 15, 16], başaklanma gün sayısı bakımından önemli farklar olduğu tespit edilmiş ve bu farklılıklara genotip ile çevrenin birlikte etkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda ortalama başaklanma süresinin araştırmanın birinci yılında ikinci yıla göre daha uzun olmasının, ilk yıl mart ve nisan aylarının fazla yağışlı geçmesinden, ikinci yılda ise söz konusu aylardaki yağış yetersizliğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Konu ile ilgili farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda başaklanma süresinin Isparta koşullarında 168,0-179,4 gün [17], Diyarbakır koşullarında 143,3-151,8 gün [13], Van koşullarında 191-217 gün [18], Kahramanmaraş koşullarında 145-155 gün [19], Ankara koşullarında ise 204-213 gün [20] arasında değiştiği bildirilmektedir.

Araştırmadan elde ettiğimiz ortalama sonuçlar, başaklanma süresinin 104-111 gün arasında değiştiğini bildiren Yüksel *et al.* [21]'nin sonuçlarından yüksek, 123-141 gün arasında değiştiğini belirleyen Kıran [22]'in sonuçlarından daha düşük, 107,8-119,3 gün arasında değişiklik gösterdiğini bildiren Öztürk *et al.* [23] ile başaklanma süresini 102-118 gün belirleyen Kendal [24]'in elde ettiği değerlere yakındır.

### 3.3 Bin Tane Ağırlığı

Tahıllarda tane ağırlığı, birden fazla gen tarafından kontrol edilen bir karakter olup genotipe ve ürün yılının ekolojik şartlarına göre değişmektedir [25,26]. Arpada tane ağırlığı, tane dolun dönemindeki iklim koşulları (özellikle de sıcaklık) tarafından belirlenmekte ve bu dönemin uzun sürmesi bin tane ağırlığını da artırmaktadır [27].

Araştırmada bin tane ağırlığı yönünden çeşitler arasındaki farklar, çalışmanın yürütüldüğü yıllarda ve yılların ortalamasında önemli bulunmuştur. Çeşitlerin bin tane ağırlığı birinci yıl 30,0-40,4 g, sonraki yıl 32,3-42,0 g, ürün yıllarının ortalamasına göre ise 31,7-41,2 g arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalama bin tane ağırlığı ise birinci yılda 36,8 g, ikinci yılda 37,1 g, yılların ortalamasına göre ise 37,0 g olarak tespit edilmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı, denemenin yürütüldüğü her iki yılda ve ürün yıllarının ortalamasında sırasıyla 40,4, 42,0 ve 41,2 g değerleriyle Kalaycı-97 çeşidinde belirlenmiştir. Bu çeşidi 2016-17 ürün yılında Çıldır-02, Şahin-91, Keser, İnce-04, Ünver; 2017-18 ürün yılında Şahin-91, Ünver, Çıldır-02 çeşitleri izlemiştir. Ürün yıllarının ortalamasına göre ise bu çeşidi, Şahin-91 (40,3 g), Çıldır-02 (39,6 g), Ünver (38,7 g) ve Keser (38,5 g) takip etmiştir. En düşük bin tane ağırlığına sahip çeşitler ise, iki ürün yılının ortalamasına göre Altıkat (31,7 g), Erginel-90 (32,4 g), Kendal (34,4 g) ve Bilgi-91 (34,4 g) olmuştur (Tablo 4).

Bin tane ağırlığı tahıllarda tanenin irilik, dolgunluk, cılızlık durumu ile verimi hakkında fikir vermesi açısından önemli bir kalite ve aynı zamanda da verim unsurudur [28]. Ülkemizde arpa, hem gıda sanayisi hem de hayvan besleme açısından önemli bir ürün olduğundan, üretimin artırılması için yüksek verimli ve kaliteli arpa çeşitlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Yüksek verim ve kaliteli bir üretim için de bin tane ağırlığının yüksek olması istenir. Yüksek bin tane ağırlığı, tanelerin dolgun ve iri olduğunun bir göstergesidir [29].

Arpada yürütülen bazı çalışmalarda [10, 30, 31], araştırmacılar iki sıralı arpa çeşitlerinde bin tane ağırlığının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda da, bu özellik bakımından en yüksek değere sahip çeşitlerin (Şahin-91, Çıldır-02, Ünver ve Keser) iki sıralı olması dikkat çekmektedir. Nitekim iki sıralı arpalarda başakçıktaki yan sıraların yapısından dolayı fertil tane daha iri olmakta, buna bağlı olarak da daha yüksek tane ağırlığı elde edilmektedir [31].

Bin tane ağırlığına ilişkin bulgularımız, Erzurum'da 15 arpa çeşidi ile yürüttükleri çalışmalarında 38,9-52,8 g arasında olduğunu bildiren Öztürk *et al.* [32], Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında 37,14-50,49 g arasında değiştiğini bildiren Çölkesen *et al.* [33] ve arpa çeşitlerinin bin tane ağırlıklarını 41,2-51,3 g arasında belirleyen Sirat ve Sezer [30]'in sonuçlarından daha düşük olmuştur. Kendal *et al.* [34] tarafından yürütülen, bin tane ağırlığının 34,3-37,3 g arasında belirlendiği çalışmanın sonuçlarıyla ise uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

### 3.4 Hektolitre Ağırlığı

Arpanın birim hacimdeki ağırlığının bir ölçüsü olan hektolitre ağırlığı, tanedeki nişasta içeriği ile ilişkili olup genotipe, çevre faktörlerine ve tanenin şekil, irilik, tekdüzelik, kavuz oranı ve yoğunluğuna göre değişebilmektedir [35]. Hektolitre ağırlığının yüksek olması tanede nişasta oranının fazla olması anlamına gelmektedir [36]. Arpada önemli bir kalite özelliği olan hektolitre ağırlığının yüksek olması, özellikle bira-malt elde edilmesinde kullanılan arpalarda istenilen bir özelliktir [31].

Hektolitre ağırlığı bakımından araştırmada kullanılan arpa çeşitleri arasındaki farklar 2016-17 ürün yılında önemli bulunurken, 2017-18 ürün yılında istatistiki anlamda önemsiz olmuştur. Ürün yıllarının ortalaması olarak çeşitler arasındaki fark önemli bulunmuş, ayrıca hektolitre ağırlığına yılların etkisi de önemli olmuştur. Çeşitlerin hektolitre ağırlığı 2016-17 ürün yılında 63,0-71,4 kg hl<sup>-1</sup>, 2017-18 ürün yılında ise 61,9-67,8 kg hl<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Arpa çeşitlerinin hektolitre ağırlığı ortalama olarak birinci yılda 67,3 kg hl<sup>-1</sup>, ikinci yılda 64,7 kg hl<sup>-1</sup> olmuştur. İki ürün yılında da en yüksek değer Bilgi-91 (ilk yıl 71,4 kg hl<sup>-1</sup>, ikinci yıl 67,8 kg hl<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiştir. Bu çeşidi birinci yılda Kendal ve Barış çeşitleri, ikinci yılda ise Barış, Çıldır-02 ve Özdemir-05 çeşitleri takip etmiştir. Altıkat ve Erginel-90 çeşitleri ise her iki yılda da en düşük hektolitre ağırlığına sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. Ürün yıllarının ortalamasına göre çeşitlerin hektolitre ağırlıkları 62,5 kg hl<sup>-1</sup> ile 69,6 kg hl<sup>-1</sup> arasında belirlenmiş, en yüksek değerler Bilgi-91 ile Barış çeşidinde sırasıyla 69,6 kg hl<sup>-1</sup> ve 67,8 kg hl<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. En düşük hektolitre ağırlığına ise Altıkat, Erginel-90 ve Şahin-91 çeşitleri sahip olmuştur (Tablo 4).

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda arpada hektolitre ağırlığının yağış miktarına, yağışın yıl içerisinde aylara göre dağılımına ve genotiplerin genetik yapısındaki farklılıklara bağlı olarak yıllara ve genotiplere göre değişebileceği bildirilmektedir [34, 37].

Araştırmadan elde ettiğimiz bulgular, hektolitre ağırlığının 62,53 kg hl<sup>-1</sup> ile 75,53 kg hl<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildiren Gençtan [38]'ın sonuçlarından biraz düşüktür. Kendal *et al.* [39]'nın 25 arpa genotipi ile benzer ekolojide yürüttüğü çalışmada hektolitre ağırlığının 55,6-66,3 kg hl<sup>-1</sup> değerleri arasında değiştiği belirlenmiş ve bulgularımız bu araştırmacıların elde ettiği değerlerden yüksek olmuştur.

Sirat ve Sezer [30]'in hektolitre ağırlığının 62,6-68,4 kg hl<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini bildirdikleri çalışmadaki değerler ile bulgularımızın benzer olduğu görülmektedir. Bulgularımız, Kendal [40] tarafından yürütülen çalışmada belirlenen 64,2-71,2 kg hl<sup>-1</sup> arasındaki hektolitre ağırlıklarıyla uyum içerisinde. Yine bulgularımıza benzer olarak Sarı ve İmamoğlu [41] tarafından İzmir'de yürütülen çalışmada, genotiplerin hektolitre ağırlığının 60-70 kg hl<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilmiştir.

**Tablo 4.** Arpa çeşitlerinin 2016-17 ve 2017-18 ürün yılları ile ürün yıllarının ortalaması olarak yatma, bitki boyu, başaklanma gün sayısı, hektolitre ağırlığı ve bin tane ağırlıkları<sup>1</sup>

No Çeşitler	Yatma (%)			Bitki boyu (cm)			Başaklanma gün sayısı (gün)			Hektolitre ağırlığı (kg hl <sup>-1</sup> )			Bin tane ağırlığı (g)		
	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.
1 Bilgi-91	0,0e	0,0d	0,0C	127,5de	72,5b	100,0B	127,5ab	102,5g	115,0D	71,4a	67,8	69,6A	36,6ab	32,3d	34,4CD
2 Çıldır-02	0,0e	30,0c	15,0E	137,5ab	62,5de	100,0B	125,0c	108,5cd	116,8C	67,2de	65,4	66,3BCD	39,9a	39,3ab	39,6AB
3 Erginel-90	52,5c	57,5a	55,0C	135,0bc	65,0cd	100,0B	128,0a	109,0bc	118,5AB	64,5fg	63,1	63,8EF	32,1bc	32,6cd	32,4D
4 İnce-04	0,0e	0,0d	0,0C	142,5a	60,0 <sup>de</sup> <sub>f</sub>	101,3B	126,5b	107,5de	117,0C	67,0de	64,6	65,8CD	38,5a	37,4a-d	37,9 <sup>AB</sup> <sub>C</sub>
5 Kalaycı-97	0,0e	0,0d	0,0C	127,5de	57,5ef	92,5C	124,5c	109,5abc	117,0C	67,4cde	64,9	66,1BCD	40,4a	42,0a	41,2A
6 Keser	77,5b	50,0b	63,7B	122,5e	55,0f	88,8CD	128,5a	107,5de	118,0B	68,0b-e	64,9	66,4BCD	38,8a	38,3a-d	38,5AB
7 Özdemir-05	20,0d	0,0d	10,0F	122,5e	62,5de	92,5C	128,0a	110,0ab	119,0A	68,4bcd	65,4	66,9BC	35,8ab	38,1a-d	36,9BC
8 Ünver	0,0e	0,0d	0,0C	125,0de	57,5ef	91,3C	127,5ab	109,5abc	118,5AB	65,9ef	64,6	65,2CDE	37,6a	39,8a	38,7AB
9 Altikat	0,0e	50,0b	25,0E	130,0cd	55,0f	92,5C	116,5e	106,5e	111,5F	63,0g	61,9	62,5F	30,0c	33,4bcd	31,7D
10 Barış	0,0e	0,0d	0,0C	102,5f	70,0bc	86,3D	118,5d	104,0f	111,3F	69,4abc	66,2	67,8AB	37,0ab	38,5abc	37,8 <sup>AB</sup> <sub>C</sub>
11 Kendal	0,0e	0,0d	0,0C	130,0cd	82,5a	106,3A	117,5de	107,5de	112,5E	69,9ab	63,6	66,7BCD	35,6ab	33,1cd	34,4CD
12 Şahin-91	85,0a	57,5a	71,2A	127,5de	75,0b	101,3B	126,5b	110,5a	118,5AB	65,9ef	63,8	64,8DE	39,9a	40,8a	40,3AB
Ortalama	19,6	20,4	20,0	127,5A	64,6B	96,0	124,5A	107,7B	116,1	67,3A	64,7B	66,0	36,8	37,1	37,0
F değeri (Çeşit)	332,76**	721,0**	725,7* *	22,43**	23,59* *	19,93**	124,8**	37,14**	104,31**	11,5**	1,74 <sup>od</sup>	7,48**	3,71*	3,09*	5,934**
F değeri (Yıl)	-	-	2,0 <sup>od</sup>	-	-	11400,5**	-	-	3264,32* *	-	-	38,54**	-	-	0,187 <sup>od</sup>
F değeri (ÇxY)	-	-	116,3* *	-	-	25,93**	-	-	57,59**	-	-	1,08 <sup>od</sup>	-	-	0,765 <sup>od</sup>
LSD (0.05) (Çeşit)	5,59	3,03	2,99	6,50	5,59	4,04	1,23	1,23	0,82	2,14	-	1,98	5,10	6,01	3,71
LSD (0.05) (Yıl)	-	-	-	-	-	2,54	-	-	1,27	-	-	1,84	-	-	-
LSD (0.05) (ÇxY)	-	-	4,23	-	-	5,71	-	-	1,16	-	-	-	-	-	-
CV (%)	12,95	6,74	10,21	2,32	3,93	2,87	0,45	0,52	0,48	1,44	2,54	2,04	6,29	7,35	6,8

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır. \*\*0.01 ihtimal düzeyinde önemli, \*0.05 ihtimal düzeyinde önemli, <sup>od</sup>Önemli değil.

### 3.5 Protein Oranı

Protein oranı arpanın hayvan beslemede yem, malt-bira sanayisinde ham madde ya da insan beslenmesinde gıda ürünü olarak kullanım durumuna göre belirlenmesinde en önemli kalite ölçütlerinden biri [35] olup maltlık arpalarda düşük, yemlik arpalarda ise yüksek protein istenmektedir [42]. Arpa tanesinin % 7.5-15.0 arasında protein içermesi önerilmektedir [43].

Araştırmada kullanılan arpa çeşitleri arasındaki farklar protein oranı bakımından 2016-17 ürün yılında önemli bulunmuş, 2017-18 ürün yılında ise istatistiki anlamda önemsiz olmuştur. Ürün yılları ortalaması olarak çeşitler arasındaki farkın ve protein oranına yılların etkisinin de önemli olduğu belirlenmiştir. Çeşitlerin protein oranı 2016-17 yılında %11,3-15,3, 2017-18 yılında %15,3-18,9 arasında değişirken, ürün yıllarının ortalaması olarak ise %13,8-16,3 arasında değişim göstermiştir. Arpa çeşitlerinin protein oranı ortalaması 2017-18 ürün yılında (%17,1), 2016-17 ürününe (%13,5) göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumun araştırmanın ikinci yılında nisan ayında gerçekleşen düşük yağışlardan kaynaklandığı söylenebilir. En yüksek protein oranı ilk yıl Ünver, Şahin-91, Özdemir-05 ve Kalaycı-97 çeşitlerinde; ikinci yıl Çıldır-02, Kalaycı-97, Keser ve Özdemir-05 çeşitlerinde tespit edilmiştir. Ürün yılları ortalamasına göre ise en yüksek protein oranı Özdemir-05 (%16,3), Kalaycı-97 (%16,3), Çıldır-02 (%16,2) ve Ünver (%16,1) çeşitlerinde belirlenmiştir. En düşük protein oranı ilk yıl Barış, Bilgi-91 ve Kendal; ikinci yıl Kendal, Şahin-91, Barış ve İnce-04 çeşitlerinden elde edilmiştir. Ürün yıllarının ortalamasına göre ise Kendal, Barış ve Bilgi-91 çeşitlerinin sırasıyla %13,8, %14,0 ve %14,4 ile en düşük protein değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Arpa genotiplerinin protein oranlarının %10,4-11,5 [44], %10,0-15,5 [45], %11,8-12,3 [35] arasında değiştiği bildirilen farklı çalışmaların sonuçlarının, bu araştırmadan elde edilen protein oranı (%13,8-16,3) değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bulgularımıza benzer olarak, Kendal [24] tarafından Diyarbakır koşullarında yürütülen çalışmada protein oranı değerlerinin %12,8-15,3 arasında, yine aynı koşullarda Kendal [40] tarafından yürütülen çalışmada ise %11,8-16,3 arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir.

### 3.6 Nişasta Oranı

Nişasta, arpa tanesinde miktarı en fazla olan bileşen olup hektolitreye ağırlığının yüksek olması tanenin daha fazla nişasta ve malt ekstrakt içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bin tane ağırlığı da arpa tanesinde nişasta oranının göstergesidir ve tane ağırlığı arttıkça nişasta içeriğinin de arttığı bildirilmektedir. Arpada nişasta ve protein oranı arasında negatif bir ilişki olup yüksek protein oranı, nişasta içeriğini dolayısıyla ekstrakt verimini düşürmektedir [36].

Araştırmada, nişasta oranı yönünden çeşitler arasındaki farklar iki ürün yılında da istatistiki anlamda önemsiz bulunmuş, ancak ürün yıllarının ortalaması olarak önemli olmuştur. Ayrıca, çeşitlerin nişasta oranına ürün yıllarının etkisinin de önemli olduğu belirlenmiştir. Arpa çeşitlerinin nişasta oranları 2016-17 ürün yılında %59,2-63,4; 2017-18 ürün yılında %54,2-58,1 arasında değişirken, ürün yıllarının ortalaması olarak %57,5-60,2 arasında değişim göstermiştir. Çeşitlerin nişasta oranı ortalaması birinci yıl %60,9, ikinci yıl %56,0, ürün yıllarının ortalamasına göre ise %58,5 olarak belirlenmiştir.

2016-17 ürün yılında en yüksek nişasta oranı Barış, Bilgi-91 ve Kendal çeşitlerinde, 2017-18 ürün yılında ise Kendal, İnce-04, Barış, Şahin-91 ve Bilgi-91 çeşitlerinde tespit edilmiştir. En düşük nişasta oranı ise ilk yıl Ünver, Şahin-91 ve Özdemir-05 çeşitlerinde; ikinci ürün yılında ise Çıldır-02, Kalaycı-97 ve Keser çeşitlerinde belirlenmiştir. Ürün yıllarının ortalamasına göre %60,2 ile Kendal çeşidi en yüksek nişasta oranına sahip çeşit olmuş, bu çeşidi Barış, Bilgi-91 ve İnce-04 çeşitleri takip etmiştir. Yılların ortalaması olarak en düşük nişasta oranı ise Kalaycı-97 (%57,5), Özdemir-05 (%57,5) ve Çıldır-02 (%57,6) çeşitlerinde belirlenmiştir (Tablo 5).

Bulgularımıza benzer olarak Kızılgöçü *et al.* [46] tarafından farklı lokasyonlarda yürütülen çalışmada Diyarbakır şartlarında tanede nişasta oranı değerleri %59,9-62,2 ve Mardin şartlarında ise %59,7-60,7 arasında değişim göstermiştir. Diyarbakır şartlarında Oral *et al.* [7] tarafından yürütülen çalışmada arpa genotiplerinin nişasta oranının %68,6-70,5 arasında, Kendal *et al.* [39] tarafından yürütülen çalışmada ise %66,7-69,8 arasında değiştiği bildirilmiş ve çalışmamızdaki değerlerin araştırmacıların elde ettiği değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür.

### 3.7 Tane Nem Oranı

Tanedeki nem oranı bakımından arpa çeşitleri arasındaki farklar 2016-17 ürün yılında önemli bulunurken 2017-18 ürün yılında ve ürün yıllarının ortalaması olarak istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Nem oranına ürün yıllarının etkisinin de önemli olduğu görülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü Diyarbakır'da arpanın hasat olgunluğu dönemindeki yüksek sıcaklıklara bağlı olarak havanın nispi nemindeki düşme, tanedeki nem oranının da azalmasına neden olmaktadır. Nem oranı, araştırmanın ilk yılında %7,5-7,9 arasında değişmiş ve ortalama tane nemi %7,6 olmuş, ikinci yılında ise %7,8-8,3 arasında değişmiş ve ortalama nem %8,0 olarak belirlenmiştir. Ürün yıllarının ortalamasına göre ise tane nemi %7,7-8,1 arasında değişmiş ve çeşitlerin ortalaması olarak %7,8 tane nemi belirlenmiştir. Tanedeki nem oranının en yüksek olduğu çeşitler ilk yıl Bilgi-91, Barış ve Kendal; ikinci yıl ise %8,3 içerikleriyle Çıldır-02, Barış ve Kendal olmuştur. En düşük nem oranı ise ilk yıl Şahin-91, Özdemir-05, Kalaycı-97, İnce-04 ve Çıldır-02 çeşitlerinde; ikinci yıl Ünver, Keser, Şahin-91 ve Kalaycı-97 çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki ürün yılının ortalamasına göre Barış (%8,1), Kendal (%8,0), Bilgi-91 (%8,0) çeşitleri en yüksek; Kalaycı-97, Keser, Ünver ve Şahin-91 çeşitleri ise %7,7 ile en düşük tane nem oranına sahip çeşitler olarak belirlenmiştir (Tablo 5).

### 3.8 Tane Verimi

Tane verimi yönünden 2016-17 ürün yılında çeşitler arasındaki fark istatistiki anlamda önemli bulunmuş, ancak 2017-18 yılında ve yılların ortalamasına göre farkların önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Tane verimine ürün yıllarının etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Nitekim çeşitlerin ortalaması olarak 2017-18 ürün yılında (509,3 kg da<sup>-1</sup>), 2016-17 ürün yılına göre (599,1 kg da<sup>-1</sup>) daha düşük verim elde edilmiştir (Tablo 5).

2017-18 ürün yılında Diyarbakır'da arpanın büyüme ve gelişme dönemlerinde (mart, nisan) yoğun kuraklık yaşanmış (Tablo 2), yağış azlığından dolayı bitki boyları kısa kalmış, bitkiler tam bir gelişme gösterememiş, fakat başaklanmada bir sıkıntı olmamıştır. Bu yoğun kuraklık, tane verimini etkilemiş ve verimler genel olarak bir önceki yıla göre düşük olmuştur. Mayıs ayında ise bitkiler aşırı yağışa maruz kalmış (Tablo 2), kuraklıktan dolayı boyların kısa olmasına rağmen bazı parsellerde yatma görülmüş ve bu durum da hasatta tane kayıplarına sebep olarak verimi etkilemiştir. Ayrıca yoğun yağıştan dolayı arpada görülen hastalıklar da verim ve kalitenin düşmesine sebep olmuştur. Yağıştan dolayı sürekli neme maruz kalan başaklarda ve tanelerde kararma görülmüş, bu durum da ürün kalitesini etkilemiştir. Bitkiler başaklanma-tane doldurma döneminde olmasına rağmen çoğu parselde yağışlardan dolayı bitkilerin sonradan kardeş oluşturup yeşerdiği görülmüştür. 2016-17 ürün yılında çeşitlerin tane verimleri 459,0-801,8 kg da<sup>-1</sup> arasında değişim gösterirken 2017-18 ürün yılında 378,5-659,2 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir (Tablo 5).

Çalışmamızın ilk yılında en fazla tane verimi Barış çeşidinde 801,8 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş, bu çeşidi Altıkatakat (705,8 kg da<sup>-1</sup>), İnce-04 (701,8 kg da<sup>-1</sup>), Kendal (676,7 kg da<sup>-1</sup>) ve Bilgi-91 (668,7 kg da<sup>-1</sup>) çeşitleri izlemiştir. İkinci yılda ise 659,2 kg da<sup>-1</sup> verim değeri ile Kendal, en yüksek tane verimine sahip çeşit olarak ilk sırayı almış, bu çeşidi Şahin-91 (628,2 kg da<sup>-1</sup>), Altıkatakat (608,8 kg da<sup>-1</sup>) ve Barış (561,5 kg da<sup>-1</sup>) takip etmiştir. En düşük verim, ilk yıl Erginel-90 (459,0 kg da<sup>-1</sup>), Şahin-91 (487,2 kg da<sup>-1</sup>), Ünver (491,5 kg da<sup>-1</sup>) ve Çıldır-02 (497,3 kg da<sup>-1</sup>) çeşitlerinde belirlenmiştir. Ünver (378,5 kg da<sup>-1</sup>), Keser (414,3 kg da<sup>-1</sup>), Özdemir-05 (436,5 kg da<sup>-1</sup>) ve Erginel-90 (456,7 kg da<sup>-1</sup>) ise araştırmamızın ikinci yılında en düşük tane verimine sahip çeşitler olmuştur. Ürün yıllarının ortalaması olarak tane verimleri 435,0-681,7 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiş, çeşitlerin ortalama verimleri ise 554,2 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Ürün yıllarının ortalamasına göre en yüksek tane verimi Barış çeşidinden (681,7 kg da<sup>-1</sup>) elde edilmiş, bu çeşidi Kendal (667,9 kg da<sup>-1</sup>), Altıkatakat (657,3 kg da<sup>-1</sup>), İnce-04 (603,1 kg da<sup>-1</sup>) ve Bilgi-91 (569,3 kg da<sup>-1</sup>) çeşitleri izlemiştir. Yılların ortalamasına göre en düşük tane verimine sahip çeşitler ise Ünver (435,0 kg da<sup>-1</sup>), Erginel-90 (457,8 kg da<sup>-1</sup>), Çıldır-02 (486,0 kg da<sup>-1</sup>), Keser (489,1 kg da<sup>-1</sup>) ve Özdemir-05 (494,8 kg da<sup>-1</sup>) olarak belirlenmiştir (Tablo 5).

Erzurum koşullarında yürüttükleri çalışmada arpa çeşitlerinin verimlerinin 224,8-302,4 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildiren Öztürk *et al.* [32] ile Diyarbakır şartlarında tane veriminin 148,0-240,3 kg da<sup>-1</sup> değerleri arasında değişip Tarm-92 ile Şahin-91 çeşitlerinin en yüksek verime sahip olduğunu bildiren Akıncı *et al.* [47]'nin sonuçları, çalışmamızda kullanılan arpa çeşitlerinden elde edilen tane

verimlerinden daha düşük değerdedir. Oral *et al.* [7] tarafından Diyarbakır koşullarında 609,7-787,0 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilen verim değerlerinin bizim bulgularımızdan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bulgularımızın, Diyarbakır ve Mardin şartlarında yürüttükleri çalışmada tane verimini 413,6-661,6 kg da<sup>-1</sup> değerleri arasında belirleyen Kızılgeçi *et al.* [46]'nın sonuçlarıyla ise uyumlu olduğu görülmüştür.

**Tablo 5.** Arpa çeşitlerinin 2016-17 ve 2017-18 ürün yılları ile ürün yıllarının ortalaması olarak protein oranı, nişasta oranı, tane nem oranı ve tane verimleri<sup>1</sup>

No Çeşitler	Protein oranı (%)			Nişasta oranı (%)			Tane nem oranı (%)			Tane verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.	2016-17	2017-18	Ort.
1 Bilgi-91	12,0 cd	16,8	14,4 BC	62,7	56,5	59,6 ABC	7,9 a	8,1	8,0	668,7 bc	470,0	569,3
2 Çıldır-02	13,5 a-d	18,9	16,2 A	61,1	54,2	57,6 D	7,5 d	8,3	7,9	497,3 def	474,7	486,0
3 Erginel-90	13,5 a-d	17,3	15,4 ABC	60,9	55,8	58,3 BCD	7,6 cd	8,1	7,9	459,0 f	456,7	457,8
4 İnce-04	13,3 a-d	16,7	15,0 ABC	61,3	56,6	59,0 A-D	7,5 d	8,1	7,8	701,8 b	504,3	603,1
5 Kalaycı-97	14,4 ab	18,1	16,3 A	60,0	55,0	57,5 D	7,5 d	7,9	7,7	582,8 cd	519,0	550,9
6 Keser	13,2 a-d	18,1	15,6 AB	61,4	55,1	58,2 BCD	7,6 cd	7,8	7,7	563,8 de	414,3	489,1
7 Özdemir-05	14,8 a	17,8	16,3 A	59,6	55,4	57,5 D	7,5 d	8,1	7,8	553,2 de	436,5	494,8
8 Ünver	15,3 a	17,0	16,1 A	59,2	56,4	57,8 CD	7,6 cd	7,8	7,7	491,5 ef	378,5	435,0
9 Altıkat	13,8 abc	16,8	15,3 ABC	60,4	56,1	58,3 BCD	7,6 cd	8,1	7,8	705,8 b	608,8	657,3
10 Barış	11,3 d	16,7	14,0 C	63,4	56,6	60,0 AB	7,8 ab	8,3	8,1	801,8 a	561,5	681,7
11 Kendal	12,2 bcd	15,3	13,8 C	62,3	58,1	60,2 A	7,7 bc	8,3	8,0	676,7 b	659,2	667,9
12 Şahin-91	15,0 a	16,6	15,8 AB	59,3	56,6	57,9 CD	7,5 d	7,9	7,7	487,2 ef	628,2	557,7
Ortalama	13,5 B	17,1 A	15,3	60,9 A	56,0 B	58,5	7,6 B	8,0 A	7,8	599,1 A	509,3 B	554,2
F değeri (Çeşit)	2,93*	1,29 <sup>od</sup>	2,609**	2,8 <sup>od</sup>	1,21 <sup>od</sup>	2,47*	5,56**	0,7 <sup>od</sup>	1,44 <sup>od</sup>	15,4**	0,6 <sup>od</sup>	2,06 <sup>od</sup>
F değeri (Yıl)	-	-	231,66**	-	-	377,03**	-	-	86,72*	-	-	34,89*
F değeri (ÇxY)	-	-	1,414 <sup>od</sup>	-	-	1,33 <sup>od</sup>	-	-	0,65 <sup>od</sup>	-	-	0,8 <sup>od</sup>
LSD (0.05) (Çeşit)	2,26	-	1,6	-	-	1,81	0,19	-	-	86,71	-	-
LSD (0.05) (Yıl)	-	-	1,03	-	-	1,10	-	-	0,21	-	-	65,44
LSD (0.05) (ÇxY)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	7,61	6,75	7,14	1,89	2,35	2,12	1,15	3,91	2,9	6,58	31,7	21,2

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır. \*\*0.01 ihtimal düzeyinde önemli, \*0.05 ihtimal düzeyinde önemli, <sup>od</sup>Önemli değil.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Diyarbakır koşullarına uygun, tane verimi yüksek ve kalitesi iyi çeşitlerin belirlenmesi amacıyla 12 arpa çeşidinin değerlendirildiği bu çalışmada, ele alınan özellikler yönünden arpa çeşitleri arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. İki yıllık ortalamalara göre tane verimi yönünden en yüksek değere Barış, Kendal, Altıkat, İnce-04 ve Bilgi-91 çeşitlerinin sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmada en erkenci çeşitlerin Barış, Altıkat ve Kendal olduğu görülmüştür. Özdemir-05, Kalaycı-



97 ve Çıldır-02 çeşitlerinin en yüksek protein oranına; Kendal, Barış ve Bilgi-91 çeşitlerinin de en yüksek nişasta oranına sahip oldukları belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı yönünden Kalaycı-97 çeşidi ilk sırayı alırken hektolitreye ağırlığı yönünden Bilgi-91 ve Barış çeşitleri ön plana çıkmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle nisan ve mayıs aylarının yağışlı geçtiği yıllarda arpada bitki boyu, yatma üzerinde etkili olmakta ve dolayısıyla yatma özelliği gösteren genotiplerde verim düşmektedir. Yatmaya dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında, ekolojiye ve bitki besleme şartlarına bağlı olarak değişen bitki boyunun arpada önemli bir özellik olduğu söylenebilir. Bu çalışmada ekstrem bir yıl olan 2017-18 ürün yılındaki yoğun yağış ve şiddetli fırtınadan araştırmada kullanılan diğer çeşitler gibi etkilenmeyen, sap sağlamlığı ve yatmaya dayanıklılığı ile ön plana çıkan, aynı zamanda verim yönünden de iyi sonuçların alındığı Bilgi-91 çeşidinin, yatmaya dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında ebeveyn olarak kullanılması tavsiye edilebilir.

Bu çalışma sonucunda Diyarbakır koşullarına, tane verimi yüksek Barış çeşidi ile Kendal, Altıkat, İnce-04 ve Bilgi-91 çeşitlerinin uygun olduğu ve üreticilerimize önerilebileceği belirlenmiştir.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

## **ETİK BEYANI**

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## **YAZARLARIN KATKILARI**

Yazar 1: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu, metodoloji, analiz, kurgulama, taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme, yazma-gözden geçirme ve düzenleme. Yazar 2: Analiz araçlarını sağlama, analiz, inceleme, kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, yazma-gözden geçirme ve düzenleme. Yazar 3: Veri toplama, verinin düzenlenmesi, inceleme. Yazar 4: Analiz araçlarını sağlama, metodoloji, analiz, kurgulama, taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonymous, *Statistical Data of FAO*. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Accessed: Feb. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- [2] Anonim, *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. Erişim tarihi: 18.02.2023. [Online]. <https://biruni.tuik.gov.tr>
- [3] Anonim, *Hububat Sektör Raporu*. (2019). Erişim tarihi: 18.02.2023. [Online]. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2019.pdf>
- [4] C. R. Tapsell and W. T. B. Thomas, "Estimating the genetical components for cross-prediction of yield and its components in barley," in *4th Int. Barley Genet. Symp.*, Edinburg, 22-29 July, 1981, pp. 79-83.
- [5] H. Aktaş, "Türkiye’de yoğun ekim alanına sahip bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin destek sulamalı ve yağışa dayalı koşullarda değerlendirilmesi," *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 14, no. 03, s. 86-97, 2017.
- [6] A. Akkaya ve Ş. Akten, "Kıraç koşullarda farklı gübre uygulamalarının bazı kışlık arpa çeşitlerinde kışa dayanıklılık ve dane verimi ile bazı verim öğelerine etkisi," *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, vol. 10, no. 2, s. 127-140, 1986.
- [7] E. Oral, E. Kendal, Y. Doğan, "Bazı yazlık arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin verim ve kalite yönünden değerlendirilmesi," *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 7, no.1, s. 31-38, 2017.
- [8] H. Akdeniz, B. Keskin, İ. Yılmaz, E. Oral, "Bazı arpa çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özellikleri üzerinde bir araştırma," *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, vol. 14, no. 2, s. 119-125, 2004.
- [9] İ. Öztürk, R. Avcı, A. Tülek, T. Kahraman, B. Tuna, M. Zafer, K. Akan, "Bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin Trakya Bölgesi’nde verim ve agronomik özelliklerinin araştırılması," *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, vol. 25, no. 1, s. 26-34, 2016.
- [10] A. Sirat ve İ. Sezer, "Samsun ekolojik koşullarına uygun arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin belirlenmesi," *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 20, no. 3, s. 72-81, 2005.
- [11] A. Kara, S. Kadioğlu, Ü. Küçüközdemir, T. Yıldırım, M. Olgun, N. Küçük, "Kuzeydoğu Anadolu’da buğday tarımı ve sorunları," *Ülkesel Tahıl Sempozyumu*, 2-5 Haziran 2008, Konya, s. 802-815.
- [12] A. Sirat ve İ. Sezer, "Samsun ekolojik koşullarında bazı iki ve altı sıralı arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin verim ve verim unsurları ile kalite özelliklerinin belirlenmesi," *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, vol. 23, s. 1-5, 2013.
- [13] C. Akıncı, İ. Gül, M. Çölkesen, "Diyarbakır koşullarında bazı arpa çeşitlerinin tane ve ot verimi ile bazı verim unsurlarının belirlenmesi," *Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-18 Kasım 1999, Adana, s. 405-410.
- [14] O. Bilgin, Z. K. Korkut, İ. Başer, "İleri arpa hatlarında bazı sap özellikleri ve yatmanın tane verimine etkileri," *Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-18 Kasım 1999, Adana, s. 390-394.

- [15] N. Kandemir, "Search for high yielding, lodging resistant barley cultivar with satisfactory straw yield for a fertile production area of Turkey," *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 7, s. 917-976, 2004.
- [16] T. Karahan, "Güneydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enst., Yüzüncü Yıl Üniv., Van, 2005.
- [17] S. Sadıç, "Bazı arpa çeşitlerinin Isparta şartlarında uyum yeteneklerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 1998.
- [18] M. Ülker, F. Sönmez, H. Ege, N. Yılmaz, "ICARDA kökenli bazı kışlık arpa çeşit ve hatlarının Van koşullarına adaptasyonu üzerine bir araştırma," *Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-18 Kasım 1999, Adana, s. 401-404.
- [19] M. Çölkesen, L. Cesurer, C. Yürürdurmaz, V. Demirbağ, A. Çiçek, A. Başgöl, A. Engin, "Kahramanmaraş koşullarına uygun yüksek verimli arpa çeşitlerinin belirlenmesi," *Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-18 Kasım 1999, Adana, s. 234-239.
- [20] İ. Sayım, "Arpa çeşit ve hatlarında (*Hordeum vulgare* L.) hasıl verim ve bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2002.
- [21] S. Yüksel, S. Ü. İkincikarakaya, A. C. Sönmez, S. Belen, Y. Yıldırım, "Eskişehir ekolojik koşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) hat ve çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma," *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, no. 20 (Özel sayı), s. 252-257, 2017.
- [22] A. K. Kıran, "Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden toplanan arpa (*Hordeum vulgare* L.) genetik kaynakları materyalinin Karakterizasyonu," *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, vol. 7, no. 2, s. 121-135, 1997.
- [23] İ. Öztürk, V. Ç. Girgin, R. Avcı, T. Kahraman, T. H. Çiftçigil, A. Tülek, B. Tuna, "Arpada (*Hordeum vulgare* L.) fizyolojik parametrelerin verim ve agronomik karakterlere etkisi," *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, no. 26 (Özel sayı), s. 1-6, 2017.
- [24] E. Kendal, "ICARDA orijinli yazlık arpa genotiplerinin bazı özellikleri yönünden seleksiyonu," *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, vol. 5, no. 1, s. 107-111, 2012.
- [25] J. W. Johnson, W. L. Hargrove, R. B. Moss, "Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat," *Agronomy Journal*, no. 80, s. 16-166, 1988.
- [26] M. Çölkesen, N. Eren, A. Öktem, "Harran Ovası sulu koşullarda farklı ekim sıklığının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve verim unsurlarına etkisi üzerine bir araştırma," *I. Tarla Bitkileri Kongresi*, 25-29 Nisan 1994, İzmir, s. 311-314.
- [27] M. L. F. Garcia, J. M., Ramos, M. B. Garcia, T. M. P. Jimenez, "Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path coefficient analysis," *Crop Science*, vol. 31, no. 5, s. 1179-1185, 1991.
- [28] İ. Öztürk, R. Avcı, T. Kahraman, "Trakya Bölgesi'nde yetiştirilen bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi," *Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 21, no. 1, s. 59-68, 2007.

- [29] M. Gürsoy, “Bazı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* L.) hatlarında farklı azot dozlarının verim ve kalite öğelerine etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2001.
- [30] A. Sirat, ve İ. Sezer, “Bafra Ovası koşullarına uygun arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin belirlenmesi,” *OMÜ Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, vol. 24, no. 3, s. 167-173, 2009.
- [31] İ. Çöken ve Z. Akman, “Isparta ekolojik koşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 20, no. 1, s. 91-97, 2016.
- [32] A. Öztürk, Ö. Çağlar, Ş. Akten, “Erzurum yöresinde maltlık olarak yetiştirilebilecek arpa genotiplerinin belirlenmesi,” *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*, 22-25 Eylül 1997, Samsun, s. 70-75.
- [33] M. Çölkesen, A. Öktem, A. Engin, G. Öktem, V. Demirbağ, C. Yürürdurmaz, A. Çokkızgın, “Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi,” *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, vol. 5, no. 2, s. 76-87, 2002.
- [34] E. Kendal, H. Kılıç, S. Tekdal, A. Altıkat, “Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Adıyaman kuru koşullarında verim ve verim unsurlarının incelenmesi,” *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 14, no 2, s. 49-58, 2010.
- [35] A. Öztürk, R. Polat, S. Kodaz, M. Aydın, “Erzurum kuru tarım koşullarında kışlık arpanın ekim sıklığına verim tepkisi,” *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, vol. 32, no. 3, s. 321-327, 2018.
- [36] A. Engin, “Biralık arpalarda önemli kalite özellikleri ve bunların malt kalitesi üzerine etkileri,” *Arpa Malt Semineri*, 30 Mayıs-1 Haziran 1989, Konya, s. 38-41.
- [37] E. Kendal ve H. Doğan, “Başaktaki sıra sayısının arpada verim, bazı kalite ve morfolojik parametrelere etkisi,” *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, vol. 1, no. 2, 132-142, 2014.
- [38] T. Gençtan, “İki sıralı arpa çeşitlerinde verim ve verim etkili başlıca karakterler ve bunların kalıtımı,” Doçentlik Tezi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 1982.
- [39] E. Kendal, S. Tekdal, H. Aktaş, M. Karaman, K. Berekatoğlu, H. Doğan, “Biplot analizi kullanılarak yazlık arpa genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi,” *Trakya University J. of Natural Sci.*, vol. 15, no. 2, s. 95-103, 2014.
- [40] E. Kendal, “İleri kademedeki bazı yazlık arpa genotiplerinin farklı çevre şartlarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi,” *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 25, no. 1, s. 7-18, 2013.
- [41] N. Sarı, A. İmamoğlu, “Menemen ekolojik koşullarına uygun ileri arpa hat ve çeşitlerinin belirlenmesi,” *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, vol. 19, no. 1, s. 22-31, 2009.
- [42] E. Kün, M. Özgen, H. Ulukan, “Arpa çeşit ve hatlarının kalite özellikleri üzerinde araştırmalar,” *II. Arpa-Malt Semineri*, 25-27 Mayıs 1992, Konya, s. 70-95.
- [43] A. Akkaya, Ş. Akten, “Erzurum yöresinde yetiştirilebilecek yazlık arpa çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma,” *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, no. 17, s. 1-4, 1990.

- [44] B. Taş, N. Yürür, “Bursa ekolojik koşullarında bazı yabancı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare distichon*) çeşitlerinin kimi verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi,” *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, no. 16, s. 117-127, 2002.
- [45] A. C. Sönmez, S. Yüksel, Ş. Belen, M. Çakmak, Y. Yıldırım, Y. Karaduman, A. Akın, “Kıraç koşullarda Orta Anadolu ve geçit bölgeleri için geliştirilen bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) hat ve çeşitlerinin tane verim ve bazı kalite unsurlarının incelenmesi,” *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, no. 20, s. 258-262, 2017.
- [46] F. Kızılgöçü, M. Yıldırım, C. Akıncı, Ö. Albayrak, “Arpada tane verimi ve kalite özellikleri üzerine genotip ve çevrenin etkileşimi,” *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, vol. 22, no. 3, s. 346-353, 2019.
- [47] C. Akıncı, M. Yıldırım, N. Sönmez, “Diyarbakır koşullarına uygun arpa çeşitlerinin belirlenmesi,” *Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi*, 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ, s. 151-155.



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## **L Tipi Matris Yöntemi ile Bir Öğrenci Yurdunun Yangın Riski Açısından Değerlendirilmesi**

*Evaluation of a Student Dormitory in terms of Fire Risk with L Type Matrix Method*

Şükran YEMİŞÇİOĞLU<sup>1,\*</sup>, Zuhale ŞİMŞEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, 16059, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup> Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1250467>

### **MAKALE BİLGİSİ**

#### **Makale Tarihi**

*Alınış, 13 Şubat 2023*

*Revize, 08 Mayıs 2023*

*Kabul, 17 Mayıs 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

#### **Anahtar Kelimeler**

*Yangın riski, Öğrenci yurdu, L tipi matris, Yangın kapısı*

### **ÖZ**

Binaların yangından korunması, kullanıcıların güvenli bir şekilde yaşamlarını devam ettirebilmeleri ve bina yaşam döngüsü içerisinde oluşabilecek yangın risklerinin en aza indirilmesi açısından önemli bir konudur. Dolayısıyla tüm binalarda gerekli analizler yapılmalı ve yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır. Bu bağlamda öğrenci yurdu binaları da yangın tehlikesine karşı çeşitli önlemler gerektiren binalardandır. Nitekim geçmişte birçok öğrenci yurdu yangın meydana geldiği ve bu yangınların can kaybı, yaralanma ve maddi hasar gibi istenmeyen durumlarla sonuçlandığı görülmektedir. Bu kapsamda çalışmanın amacı, bir öğrenci yurdu binasının yangın kapıları bağlamında yangın riskini L tipi Matris yöntemini kullanarak analiz etmektir. Çalışmada davranışsal ve yapısal tehlike grupları belirlenmiş ve olası riskler saptanmıştır. Ardından risklere olasılık ve şiddet değerleri atanarak risk düzeyleri hesaplanmıştır. Buna göre olası risklerin %33'ü yüksek, %48'i orta ve %19'u düşük düzeyli risk grubundadır. Elde edilen sonuçlar en yüksek düzeye sahip risklerin yangın kapılarının kilitli olduğu durumları işaret etmektedir. Yüksek düzeyli risklere sahip diğer tehlike grupları ise sırasıyla duman sızdırmaz kapıların kapalı tutulmaması, yangın kapılarının yakınında fiziksel engeller bulunması ve yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmamasıdır. Çalışma sonucunda, olası risklerin oluşmasında davranışsal tehlike gruplarının baskın olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle basit ve etkili çözümlerle yangın riskinin ve sonucunda doğabilecek istenmeyen durumların en aza indirilebileceği öngörülmektedir.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [sukranysc@gmail.com](mailto:sukranysc@gmail.com) (Şükran YEMİŞÇİOĞLU), [zsimsek@uludag.edu.tr](mailto:zsimsek@uludag.edu.tr) (Zuhale ŞİMŞEK)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 13 February 2023

Revised, 08 May 2023

Accepted, 17 May 2023

Available Online, 01 October 2023

### Keywords

Fire risk, Dormitory, L type matrix, Fire door

## ABSTRACT

The protection of buildings from fire is an important issue in terms of enabling users to continue their lives safely and minimizing the fire risks that may occur in the building life cycle. Therefore, necessary analyzes should be made in all buildings and fire safety precautions should be taken. In this context, student dormitory buildings are among the buildings that require various precautions against fire hazard. As a matter of fact, it is seen that fires occurred in many student dormitories in the past and these fires resulted in undesirable situations such as loss of life, injury and property damage. In this context, the aim of the study is to analyze the fire risk in the context of fire doors of a student dormitory building by using the L-type Matrix method. In the study, behavioral and structural hazard groups were defined and possible risks were determined. Then, the risk levels were calculated by assigning probability and severity values to the risks. Accordingly, 33% of the possible risks are in the high, 48% in the medium and 19% in the low-level risk group. According to the results obtained the highest level of risk is the locked fire doors. Other danger groups with high-level risks are the smoke-proof doors that have not been kept closed, physical obstacles that are near the fire doors, and fire doors that do not have a self-closing system. As a result of the study, it has been revealed that behavioral hazard groups are dominant in the constitution of possible risks. For this reason, it is anticipated that the risk of fire and the undesired situations that may arise as a result can be minimized with simple and effective solutions.

## 1. GİRİŞ

Binalar; tasarım, planlama, yapım, işletim ve yıkım şeklinde bir yaşam döngüsüne sahiptir [1]. Bununla birlikte bina yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında bazı risklerle karşılaşılabilir. Bu risklerden biri de istenmeyen sonuçların meydana gelebileceği yangın tehlikesidir. Bu açıdan bakıldığında binalarda yangın tehlikesinin, genellikle bina yaşam döngüsünün yapım ve işletim aşamalarında kullanıcı veya işletim sürecinde kullanılan sistemsel faktörlerden kaynaklanabileceği söylenebilir. Diğer yandan yangın tehlikesine karşı alınabilecek önlemler; tasarım ve planlama aşamalarında verilecek doğru kararlar, yapım aşamasında gerçekleştirilecek doğru uygulamalar ve işletim aşamasında sergilenecek doğru tutum ve davranışlar ile yakından ilişkilidir. Yangın riskinin en aza indirilmesi ise, olası risklerin değerlendirilmesiyle ve binaların yangından korunmasına dair önlemlerin alınmasıyla sağlanabilmektedir. Binalarda yangın riskinin değerlendirilmesi, farklı yöntemlerin kullanılabildiği bir süreçtir. Bu süreçte amaç, risklerin kabul edilebilirlik düzeyini saptamak ve kabul edilemeyen riskler için hangi önlemlerin alınabileceğine yönelik uygun önlemleri belirlemektir. Bu hedef doğrultusunda “Hata Ağacı Analizi, Olay Ağacı Analizi, ‘What If?’ Analizi, Sebep-Sonuç Analizi, Fine-Kinney Yöntemi, Ridley Yöntemi, L Tipi Matris Yöntemi, X Tipi Matris Yöntemi” gibi pek çok farklı yöntem kullanılabilmektedir [2]. Yangın riskinin değerlendirilmesi sonucu çeşitli önlemlerin alınmasıyla, yangın riskini ve dolayısıyla ölüm, yaralanma ve maddi kayıp/hasar gibi istenmeyen sonuçları olabildiğince azaltmak hedeflenmektedir [3]. Söz konusu

önlemler genel itibariyle pasif ve aktif güvenlik önlemleri olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilmektedir [4-6]. Bununla birlikte yangın güvenlik önlemleri birçok parametreye bağlıdır. Bina kullanım tipi, kullanıcı sayısı ve karakteristikleri, olası yangın riskleri, binanın yapısal ve bulunduğu çevrenin özellikleri bu parametrelere örnek olarak gösterilebilmektedir [7]. Dolayısıyla yapısal, çevresel ve kullanıcıya bağlı parametrelerin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi, binalarda oluşabilecek yangın riskini belirlemek amacıyla uygun analiz yöntemlerinin seçilmesi ve yangın riskini azaltacak uygun önlemlerin alınması açısından önemli bir konudur.

Farklı bina tipleri; kullanıcı profili, faaliyet türü ve yapısal özellikleri bağlamında farklı riskleri barındırabilmekte ve dolayısıyla farklı önlemlere ihtiyaç duyabilmektedir. Öğrenci yurt binaları, farklı davranış özelliklerine sahip öğrenciler tarafından kullanılması, bünyesinde konaklama, beslenme, ders çalışma ve toplanma gibi çeşitli faaliyet türleri barındırması ve yapısal özellikleri açısından değişiklik göstermesi kapsamında örnek olarak ele alınabilmektedir. Nitekim öğrenci yurt binaları, TS 11498 [8]'e göre öğrencilerin barınma, konaklama, beslenme ve eğitim gibi birçok aktiviteleri gerçekleştirebildikleri mekânlar olarak tanımlanmaktadır. Çeşitli fiziksel ve sosyal faaliyetlerin yürütülmesine olanak veren bu binaların dayanım ve dayanıklılık gibi yapısal gereklilikler ile termal, akustik ve görsel konfor gibi açılardan sağlıklı iç mekân koşullarına sahip olmasının yanı sıra birçok güvenlik önlemlerini de barındırması gerekmektedir [9]. Bu açıdan bakıldığında yurt binalarının yangından korunmasına dair önlemlerin alınması ve ilgili yönetmeliklere uyması önemli bir konudur.

Campbell [10]'in yapmış olduğu çalışmaya göre Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yurt tipi binalarda 2010-2019 yılları arasında yaklaşık 4000'e yakın yangın görülmüştür. Diğer yandan 2015-2019 yılları arasında yaşanan yangınların %50'sinden fazlası 16.00-00.00 arasında %15'i 00.00-08.00 saatleri arasında meydana gelmiştir. En fazla yaralanma oranının görüldüğü zaman aralıkları da bu saatlere denk gelmektedir. Bununla birlikte yangına sebep olan en baskın faktör yaklaşık %90 oranında yemek pişirme ekipmanları olarak saptanmıştır [10]. 1987 yılında ABD'de söndürme sistemlerinin çalışmadığı bir yurt binasında, öğrencilerin eğlence amaçlı bazı girişimlerinin döşeme kaplamalarında yangına sebebiyet vererek söz konusu olayın bir öğrencinin dumandan zehirlenmesiyle ve hayatını kaybetmesiyle sonuçlandığı görülmektedir [11]. Malezya'da ise 2017 yılında bir yurt binasında meydana gelen yangında, çıkış kapısının kilitli olması sebebiyle tahliyenin gerçekleşmediği ve 20 kişiden fazla insanın hayatını kaybettiği belirtilmektedir [12]. Yaman [9]'ın aktardığı üzere, benzer şekilde Uganda'da bulunan bir öğrenci yurdu binasında meydana gelen bir yangın esnasında kaçış kapılarının kilitli olduğu, yaklaşık 10 öğrencinin hayatını kaybettiği ve 40'tan fazla öğrencinin yaralandığı bildirilmiştir.



Türkiye’de meydana gelen öğrenci yurdu yangınları incelendiğinde ise pek çok farklı şehirde farklı sebeplere dayanan birçok yangın vakası görülmektedir. Söz konusu yangınların çoğunda yangın sebebi bilinmemekle birlikte en çok elektrik kontağına bağlı olarak yangın meydana geldiği görülmektedir. En fazla yangın çıkan yer ise çatı ve yatakhaneler olarak saptanmıştır [5]. Yaman [9]’ın ve Güneş [5]’in aktardığı üzere, 2016 yılında Adana Aladağ’da görülen öğrenci yurdu yangınında 10’den fazla kişi hayatını kaybetmiştir. Bununla birlikte yapılan incelemeler sonucu yangın kaçış kapısının yangına dayanıklı malzemeden oluşmadığı, binanın aktif güvenlik önlemlerine sahip olmadığı, yangın merdivenine ulaşamadığı ve başka bir kaçış kapısının da tahliye esnasında açılmadığı ortaya çıkmıştır [4,8]. 2018 yılında Konya’da meydana gelen yurt yangınında ise yangın yatakhane haricindeki ek binanın çatısında yenileme çalışmaları sırasında meydana gelerek 10 öğrencinin dumandan etkilenmesine ve maddi hasara sebep olmuştur [13]. 2011 ve 2018 yılında Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nde klima kaynaklı meydana gelen iki yangında ise yangın yakındaki bir yurda sıçrayarak büyüye de yalnızca maddi hasarla sonuçlanmıştır [5,14].

Tarihsel süreçte öğrenci yurdu binalarında meydana gelen yangınlar, risk düzeyleri, çıkış sebepleri ve alınması gereken önlemlerin eksiklikleri gibi çeşitli yönlerden ön plana çıkmaktadır. Nitekim eğitim komplekslerinde yurt binalarının bulunması, yangın riskini ve dolayısıyla yangın tehlike sınıflarını artıran unsurlardan biridir [7]. Yaşanılan can kayıpları, yaralanmalar ve maddi hasarlar bu konunun önemini vurgulamaktadır. Diğer yandan incelenen örneklerde çıkış kapılarının kilitli olması ve açılmamasına bağlı olarak hem can kayıplarının hem de yaralanmaların meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenle yangın kapılarının amaca uygun bir şekilde hizmet etmesi önemli bir konudur. Bu bağlamda diğer kullanım tiplerine sahip binalarda olduğu gibi öğrenci yurdu binalarında da yangın risklerinin değerlendirilmesi, uygun önlemlerin belirlenmesi ve doğru bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, bir öğrenci yurdu binasının seçilerek yangın kapıları açısından yangın riskini analiz etmek ve öneriler sunmaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında seçilen bir öğrenci yurdu binası, 2007 tarihinde yayınlanan “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” (BYKHY) [15] kapsamında bir kontrol listesi oluşturularak yerinde incelenmiştir. Buradan hareketle, nicel yöntemlerden biri olan L tipi Matris Yöntemi kullanılarak söz konusu binanın yangın kapıları bağlamında yangın riski analizi gerçekleştirilmiştir. L tipi matris yönteminde risklerin meydana gelme olasılıkları ve meydana geldiklerinde ortaya çıkabilecek sonuçların şiddet değerleri 1 ile 5 arasında derecelendirilmektedir (Tablo 1 ve 2). Sonrasında olasılık ve şiddet değerleri 5x5’lik matris tablosu üzerinden çarpılarak yüksek, orta ve düşük olmak üzere risk düzeyleri belirlenmektedir [16,17] (Tablo 3). Çalışma

kapsamında seçilen yurt binası, 2022-2023 eğitim-öğretim döneminde ve ders saatleri içerisinde olacak şekilde yerinde incelenmiştir. İnceleme, tüm katlarda sağlanmış olup, koridor ve merdivenler gibi genel sirkülasyon alanları, yangın güvenlik holü, yangın merdiveni ve 2. Bodrum katta bulunan yemekhane ile sınırlandırılmıştır. İncelenen yurt binasına ait erişilebilecek verilerin kısıtlı olması ve yurt binasının yeni inşa edilmesine bağlı olarak yeni kullanılmaya başlanmasından dolayı çok fazla kullanım geçmişine sahip olmaması, L tipi matris yönteminin seçilmesinde etkili olmuştur. Diğer yandan L tipi matris yönteminin farklı ölçeklerde uygulanabilmesi, elde edilebilen veriler üzerinden kolay bir şekilde kullanılabilmesi ve risk faktörlerinin tek tek belirlenmesi nedeniyle tedbir önerilerinin daha detaylı sunulabilmesi de söz konusu yöntemin seçilmesini desteklemektedir.

**Tablo 1.** Olasılık tanımı ve değerleri

Frekans	Olasılık Tanımı	Olasılık Değeri
Yılda bir	Çok küçük	1
Üç ayda bir	Küçük	2
Ayda bir	Orta	3
Haftada bir	Yüksek	4
Her gün	Çok yüksek	5

**Tablo 2.** Şiddet tanımı ve değerleri

Olay	Şiddet Tanımı	Şiddet Değeri
İlk yardım gerektirmeyen	Çok hafif	1
Ayakta tedavi ile ilk yardım gerektiren	Hafif	2
Hafif yaralanma ile yatarak tedavi	Orta	3
Ağır yaralanma ile uzun süreli tedavi	Ciddi	4
Can kaybı	Çok ciddi	5

**Tablo 3.** Risk düzeyleri

		Şiddet				
		Çok Ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok Hafif
		5	4	3	2	1
Olasılık	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük
	5	25	20	15	10	5
	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Düşük
	4	20	16	12	8	4
	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Düşük	Düşük
	3	15	12	9	6	3
Küçük	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Düşük	
2	10	8	6	4	2	
Çok Küçük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	
1	5	4	3	2	1	

Literatür incelendiğinde, yangın riski analizinde L-tipi matris yöntemini kullanan çeşitli çalışmalar olduğu görülmektedir. Örneğin Kendirli *et al.* [18] ile Oruç [19] tarafından yapılan çalışmalarda, farklı bina tipolojilerindeki yangın risklerinin L-tipi matris yöntemiyle analiz edildiği görülmektedir. Buna göre Kendir *et al.* [18], askeri bir tesiste bulunan her bir birimin yangın riski açısından risk düzeylerini hesaplamıştır. Çok yüksek ve yüksek risk düzeyine sahip birimler

belirlendikten sonra bu alanlar için öneriler sunulmakta ve çalışma sonucunda yangın riskini azaltmanın kullanıcı bilincinin artırılmasıyla mümkün olacağı vurgulanmaktadır [18]. Oruç [19] ise çalışma kapsamında seçmiş olduğu sürdürülebilir binalar üzerinden L-tipi matris yöntemini kullanarak yangın riski analizi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda yangın riski düzeyini artıran en önemli parametrenin yapı tasarım özellikleri olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada öncelikle, ilgili yönetmeliğin “Üçüncü Kısım - Kaçış Yolları, Kaçış Merdivenleri ve Özel Durumlar” başlığı altındaki Birinci Bölümde yer alan 30. Madde’ye göre ilk tehlike grubu “Yangın kapılarının kilitli olması” şeklinde belirlenmiştir. Sonrasında İkinci Bölümde yer alan Madde 35 bağlamında “Yangın kapılarının yakınında fiziksel engel(ler) bulunması” şeklinde ikinci tehlike grubu oluşturulmuştur. Madde 36’ya dayanarak “Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması” başlığıyla üçüncü tehlike grubu belirtilmiştir. Üçüncü bölümde bulunan Madde 41 ve Dördüncü Bölümde bulunan Madde 50’ye göre ise sırasıyla “Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3’ünden fazlasını daraltması” ve “Duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması” şeklinde diğer tehlike grupları oluşturulmuştur. Ardından yangın kapılarının barındırdığı olumsuz durumlar üzerinden olası riskler belirlenmiş ve risklerin olasılık ve şiddet değerleri araştırmacılar tarafından verilerek risk düzeyleri tespit edilmiştir. Buna göre olasılık değerleri, çok küçük – çok yüksek aralığında, şiddet değerleri ise çok hafif – çok ciddi aralığında 1’den 5’e kadar derecelendirilmiştir. Daha sonra L tipi Matris yöntemi bağlamında risk düzeyleri bu iki değer çarpımı sonucunda elde edilmiştir. Son olarak seçilen öğrenci yurdu binası için önerilerde bulunulmuştur.

### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

#### **3.1 Öğrenci Yurdu Binasına Ait Yapısal Özellikler**

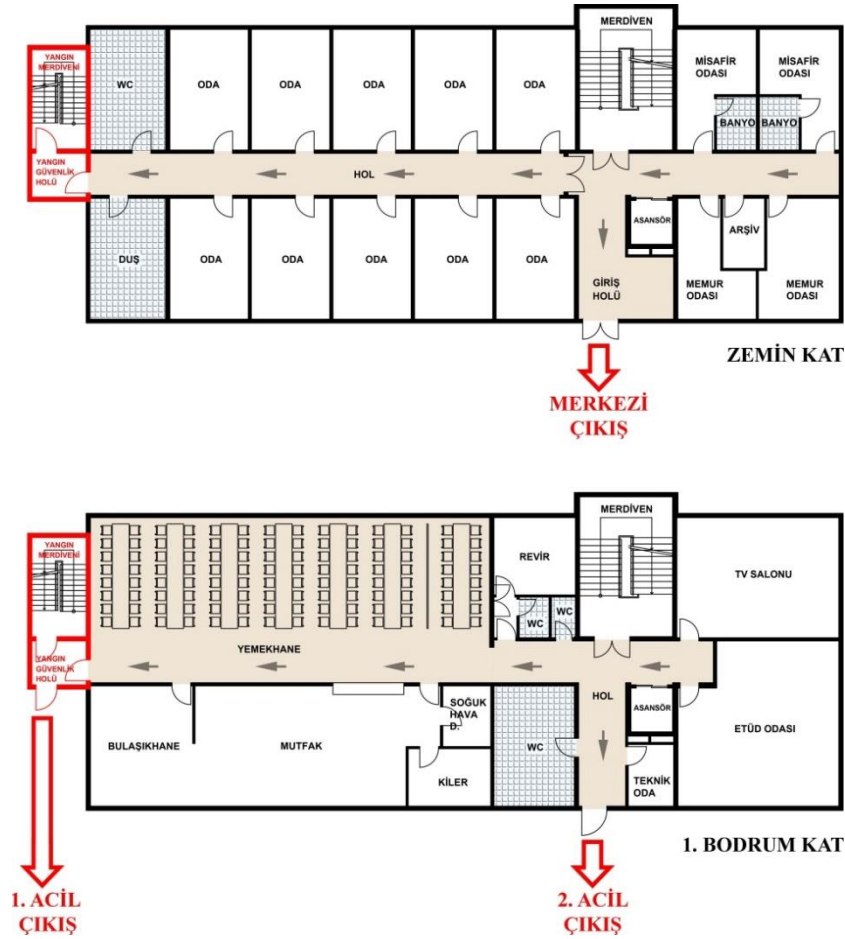
Bursa’nın Osmangazi ilçesinde bulunan ve çalışma kapsamında seçilen yurt binası, ilgili yangın yönetmeliğine göre konaklama amaçlı bina sınıfında olup 2 adet bodrum kata sahip olmak üzere toplam 5 katlı bir binadır. Ayrık nizam şeklinde inşa edilmiş olan bina, betonarme karkas yapım sistemine sahip olmakla birlikte cephe kaplamasında sıva tercih edildiği görülmektedir. Taban alanı 540 m<sup>2</sup> olmakla birlikte brüt kullanım alanı 2738 m<sup>2</sup> ve net kullanım alanı 2420 m<sup>2</sup>’dir. 2020 yılında yapımına başlanan yurt binası 2022 yılında kullanıma sunulmuştur. Bina yüksekliği 18,50 m iken yapı yüksekliği 19,80 m’dir. 101 kişilik yatak kapasitesine sahip binada 60 öğrenci konaklamaktadır. Kurum adı ve adresi hakkında kullanıcıların isteği üzerine detaylı bilgi verilememekte olup bina ile ilgili genel yapısal bilgiler Tablo 4’te gösterilmektedir (Tablo 4).

Ana kullanım merdiveni dışında bir adet yangın merdiveni bulunmakla birlikte dış kaçış merdiveni bulunmamaktadır. Aynı zamanda düşey sirkülasyon elemanı olarak acil durumlarda

kullanılmayan 1 adet asansör de mevcuttur. Zemin katta acil çıkış olarak da kullanılabilen 1 adet merkezi çıkış, 1. bodrum katta ise 2 adet acil çıkış bulunmaktadır (Şekil 1). Ayrıca bina içerisindeki yangın kapılarının ve malzemelerin yangına dayanıklılık sürelerine ve niteliklerine dair bilgi sahibi olan herhangi bir teknik personel bulunmadığından bu konu hakkında detaylı bir bilgiye ulaşılamamıştır.

**Tablo 4.** Öğrenci yurt binasına ait yapısal bilgiler

Konum	Osmangazi/Bursa	
Nizam türü	Ayrık nizam	
Yapı Kullanım tipi	Öğrenci pansiyonu	
Kullanım Tarihi	2022	
Bina / Yapı Yüksekliği	Bina Yüksekliği: 18,50 m	Yapı Yüksekliği: 19,80 m
Taban Alanı	540 m <sup>2</sup>	
Yapı Kullanım Alanı	Brüt: 2738 m <sup>2</sup>	Net: 2420 m <sup>2</sup>
Yatak Kapasitesi	101	
Kullanıcı Sayısı	60 Öğrenci	
Isıtma Türü	Doğalgaz	
Kullanım Birimleri	Öğrenci yatak odaları, Islak hacimler, İdari personel odaları, Mutfak, Yemekhane, Revir, TV salonu, Etüt odaları, Depolar, Sığınak, Kazan dairesi, Su ve yangın deposu, Çamaşırhane, Mescit, Konferans salonu, Asansör, Ana kullanım merdiveni, Yangın güvenlik holü ve yangın merdiveni	



**Şekil 1.** Zemin kat ve 1.bodrum kat plan şeması

### 3.2 Öğrenci Yurdu Binasına Ait Yangın Riski Düzeylerinin Belirlenmesi

Yapılan incelemeler ve değerlendirmeler sonucu, söz konusu binada yangın kapıları ile ilgili bazı olumsuzluklar gözlemlenmiştir. Bu olumsuzluklar yangın kapılarının bazı zamanlarda kilitli olması, bazı yangın kapılarının çevresinde fiziksel engellerin bulunması, yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemlerinin bulunmaması, kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların, kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması ve duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması şeklinde saptanmıştır. Fotoğraf yoluyla ifade edilebilen söz konusu olumsuzluklara ait örnekler Şekil 2'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.** Fiziksel engeller, kendiliğinden kapanma sistemlerinin eksikliği ve yangın kapılarının kapalı tutulmamasına dair örnekler

Tüm bu tehlikelerin meydana getirebileceği olası riskler belirlenmiş ve ardından bu risklerin olasılık ve şiddet değerleri tablo üzerinde birleştirilmiştir. Son olarak L tipi Matris yöntemi kapsamında olasılık ve şiddet değerlerinin çarpılması yoluyla risk düzeyleri hesaplanmıştır (Tablo 5).

Risk değerlendirme tablosuna göre tehlike gruplarını davranışsal ve yapısal tehlike grupları olarak sınıflandırabilmek mümkündür.

Davranışsal tehlike grupları;

- Yangın kapılarının kilitli olması,
- Yangın kapılarının yakınında fiziksel engeller bulunması ve
- Duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması şeklinde nitelendirilebilmektedir.

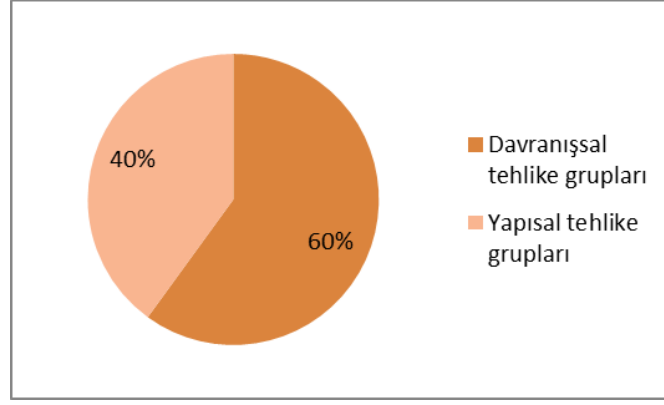
Yapısal tehlike grupları ise;

- Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması ve
- Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması şeklinde tanımlanabilmektedir.

**Tablo 5.** Öğrenci yurdu binasının yangın kapıları bağlamında yangın riski düzeyleri

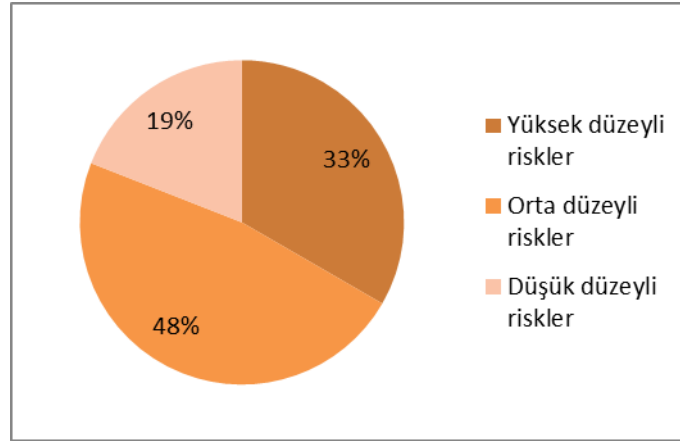
Tehlike Kaynağı	BYKHY İlgili Madde	Tehlike Grubu	Olası Riskler	Olasılık Değeri	Şiddet Değeri	Risk Değeri
Yangın Kapıları	Üçüncü Kısım/Birinci Bölüm Madde 30 (4)	Yangın kapılarının kilitli olması	Kullanıcıların yangın merdivenine ulaşamaması	5	5	25
			Kullanıcıların bina dışına tahliye edilememesi	5	5	25
			Kaçış kapısı önünde yığılma meydana gelmesi	5	2	10
			İtfaiye ve diğer kurtarma görevlilerinin dışarıdan giriş sağlayamaması	3	3	9
			Fiziki yaralanma	3	4	12
			Zehirlenme	4	4	16
			Can kaybı	3	5	15
	Üçüncü Kısım/İkinci Bölüm Madde 35	Yangın kapılarının yakınında fiziksel engel(ler) bulunması	Yangın vb. acil durumlarda yangın merdivenlerine ulaşamaması	3	3	9
			Kaçış anında yığılmaya sebep olması	4	2	8
			Kullanıcıların fiziksel engellere çarparak yaralanması	4	4	16
			Kullanıcıların yere düşerek ezilme tehlikesiyle karşılaşması	3	4	12
	Üçüncü Kısım/İkinci Bölüm Madde 36 (1)	Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması	Yangın esnasında alevlerin yangın merdivenlerine ve diğer katlara ulaşması	4	4	16
			Yangın esnasında oluşan dumanın yangın merdivenlerine ve diğer katlara ulaşması	2	3	6
			Kullanıcı hareketinin engellenmesi	2	2	4
			Meydana gelebilecek hava akımıyla yangının şiddetlenmesi	2	3	6
	Üçüncü Kısım/Üçüncü Bölüm Madde 41 (5)	Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması	Kaçış anında yığılmaya sebep olması	4	2	8
			Kullanıcı hareketinin engellenmesi	4	1	4
			Fiziki yaralanma	3	3	9
	Üçüncü Kısım/Dördüncü Bölüm Madde 50 (6/d)	Duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması	Bir yangın durumunda dumanın yangın merdivenlerine ve diğer katlara ulaşması	4	4	16
			Yangın güvenlik holündeki ve merdivenindeki görüş kalitesinin bozulması	3	3	9
Duman sızıntısı nedeniyle kullanıcıların dumandan zehirlenmesi			3	4	12	

Bu açıdan bakıldığında tehlike gruplarının %60'ı bina kullanım aşamasındaki yardımcı personel ve/veya öğrenci kaynaklı davranışlar sonucu meydana gelirken %40'ı tasarım ve planlama aşamasında verilen yanlış ve/veya eksik yapısal kararların uygulanmasından oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Tehlike gruplarının sınıflandırılması

Diğer yandan belirlenen tehlike gruplarının meydana getirebileceği riskler de düzeylerine göre sınıflandırılabilir. Buna göre genel olarak olası risklerin %33'ü yüksek düzeyli, %48'i orta düzeyli ve %19'u düşük düzeyli risk grubundadır (Şekil 4).



Şekil 4. Olası risklerin sınıflandırılması

- **Yüksek Düzeyli Riskler**

Risk değeri 16-25 arasında olan yüksek düzeyli riskler, kabul edilemeyen risk grupları olarak tanımlanabilmektedir [2]. Çalışma kapsamında saptanan can kayıplarının ve ciddi yaralanmaların öngörüldüğü yüksek düzeyli risk grupları;

- Yangın kapılarının kilitli olması:
  - Kullanıcıların yangın merdivenine ulaşamaması (25)
  - Kullanıcıların bina dışına tahliye edilememesi (25)
  - Zehirlenme (16)
  - Can kaybı (15)

- Yangın kapılarının yakınında fiziksel engel(ler) bulunması:
  - Kullanıcıların fiziksel engellere çarparak yaralanması (16)
- Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması:
  - Yangın esnasında alevlerin yangın merdivenlerine ve diğer katlara ulaşması (16)
- Duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması:
  - Bir yangın durumunda dumanın yangın merdivenlerine ve diğer katlara ulaşması (16) şeklinde belirlenmiştir.

Bu gruba ait risklerin telafisi olmayan/zor olan sonuçlar doğurma olasılığı, bu kapsamda alınacak önlemlerin acil ve ciddi olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla yüksek düzeyli risklerin ortadan kaldırılmasına veya kabul edilebilir düzeye indirilmesine yönelik davranışsal ve tasarımsal açıdan alınması gereken önlemlerin hızlı bir şekilde uygulamaya koyulması oldukça önemlidir.

- **Orta Düzeyli Riskler**

Orta düzeyli risk gruplarına ait risk değerleri 8-12 arasında olmakla birlikte dikkate değer risk olarak değerlendirilebilmektedir [2]. Çalışmada incelenen öğrenci yurdu binasındaki orta düzeyli risk grupları;

- Yangın kapılarının kilitli olması:
  - Kaçış kapısı önünde yığılma meydana gelmesi (10)
  - İtfaiye ve diğer kurtarma görevlilerinin dışarıdan giriş sağlayamaması (9)
  - Fiziki yaralanma (12)
- Yangın kapılarının yakınında fiziksel engel(ler) bulunması:
  - Yangın vb. acil durumlarda yangın merdivenlerine ulaşamaması (9)
  - Kaçış anında yığılmaya sebep olması (8)
  - Kullanıcıların yere düşerek ezilme tehlikesiyle karşılaşması (12)
- Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması:
  - Kaçış anında yığılmaya sebep olması (8)
  - Fiziki yaralanma (9)
- Duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması:
  - Yangın güvenlik holündeki ve merdivenindeki görüş kalitesinin bozulması (9)
  - Duman sızıntısı nedeniyle kullanıcıların dumandan zehirlenmesi (12) şeklinde ortaya konmuştur.



Bu grupta alınması öngörülen önlemlere ait aciliyet düzeyinin, yüksek düzeyli risk grubunda alınması gereken önlemler kadar olmadığı söylenebilmektedir. Ancak yine de yurt binasındaki kullanıcıların tutum ve davranışlarını oluşabilecek risklerin ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir bir düzeye indirilmesi amacıyla bir an önce iyileştirmesi oldukça önemlidir.

- **Düşük Düzeyli Riskler**

Düşük düzeyli riskler, risk düzeyleri 1-6 arasında değişebilen kabul edilebilir risk gruplarıdır [2]. Çalışmada kabul edilebilir düşük düzeyli riskler;

- Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması:
  - Yangın esnasında oluşan dumanın yangın merdivenlerine ve diğer katlara ulaşması (6)
  - Kullanıcı hareketinin engellenmesi (4)
  - Meydana gelebilecek hava akımıyla yangının şiddetlenmesi (6)
- Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması:
  - Kullanıcı hareketinin engellenmesi (4)olarak saptanmıştır.

Buna göre söz konusu risklere yönelik alınması öngörülen önlemlerin yüksek düzeyli ve orta düzeyli risk gruplarına kıyasla daha uzun sürelerde uygulanabilmesi mümkündür. Ancak yine de tüm risk düzeyleri için alınacak önlemlerin kısa sürede gerçekleştirilmesinin, kullanıcı güvenliği ve bina yaşam döngüsü açısından faydalı olabileceği söylenebilmektedir.

Öğrenci yurdu binalarında yangın riskinin analiz edilmesine yönelik yapılan literatür çalışmalarına ait bulgular ile bu çalışmanın bulguları karşılaştırıldığında bazı açılardan benzerlik olduğu görülmektedir. Örneğin Güneş [5] tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de bulunan bir öğrenci yurdu binası çalışma kapsamında belirlenen performans kriterleri üzerinden değerlendirilmiştir. Buna göre bu çalışmaya benzer şekilde kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların, sahanlığın 1/3'ünden fazlasını daralttığı ve kapıların kendi kendine kapanan sistemlere sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Diğer yandan bu çalışmada saptanan olumsuzluklardan farklı olarak Güneş [5], kaçış yollarında fiziksel engellerin bulunmadığını ve bu durumun çalışma kapsamında incelenen yurt binasının acil durum tahliyesi açısından olumlu yönlerinden biri olduğunu belirtmektedir. Yaman [9] tarafından yapılan çalışmada ise bir öğrenci yurdu binası BYKHY kapsamında incelenmiş ve yangın durumundaki tahliye süreleri, senaryolar üzerinden simülasyon yöntemiyle analiz edilmiştir. Yönetmelik kapsamında incelenen yurt binasında bu çalışmaya benzer şekilde kaçış yolu üzerinde fiziksel engeller bulunduğu saptanmıştır. Diğer yandan belirlenen senaryolar bağlamında, kaçış yollarında engel bulunması durumunun tahliye süresini %50'den fazla artırdığı belirlenmiştir [9].

Dolayısıyla bu durumun, yangın kapıları ve kaçış yolları üzerinde fiziksel engeller bulunması halinde oluşabilecek yaralanma ve can kaybı gibi olumsuz sonuçların meydana gelme olasılığını artıracakı öngörülebilmektedir. Bu nedenle yangın kapıları çevresinde ve kaçış yolu üzerinde herhangi bir fiziksel engel bulunmamasına yönelik alınacak önlemlerin, yangın durumunda güvenli tahliye süreci ve en az hasar oluşumu için oldukça önemli bir konu olduğu söylenebilmektedir. Diğer yandan Özayan [20] tarafından yapılan çalışmada da bir yurt binası üzerinden yangın riskleri analiz edilmiştir. Buna göre ilgili yönetmeliğe göre analiz edilen yurt binasında yangın kapıları bağlamında saptanan olumsuzluklardan bazıları bu çalışmaya benzer şekilde, kaçış merdiveni sahanlığına açılan yangın kapılarının, sahanlığın 1/3'ünden fazlasını daralttığı, kapılarda kendiliğinden kapanma sistemlerinin olmadığı ve yangın kapılarının yakınında fiziksel engeller bulunduğu yönündedir. Aynı zamanda bu çalışmadan farklı olarak yangın kapılarının bulunduğu yerlerde kot farklılıklarının olduğu ve kapı açılış yönlerinin yönetmeliğe uymadığı da saptanmıştır [20]. Khajehnasiri *et al.* [21] tarafından yapılan çalışma, bir öğrenci yurdu binasındaki yangın riskini çeşitli parametreler üzerinden analiz etmektedir. Buna göre kompartmantasyon, kaplama malzemeleri ve kaçış rotalarının yangın riskini %40'tan fazla etkilediği bulunmuştur [21]. Dolayısıyla buradan hareketle, tasarım aşamasında verilecek doğru kararların yangın riskini azaltma konusunda yararlı olacağı çıkarımı yapılabilmektedir. Zhang ve Yu [22] ise yurt binalarındaki yangın durumlarını tetikleyen ana faktörün sigara kullanımını ve odalarda yurt yönetimi tarafından izin verilmeyen elektrikli alet kullanımını içeren insan davranışları olduğunu belirtmektedir. Yijun ve Chunying [23] insan faktörünün öğrenci yurtlarında yangın riskini oluşturan etmenlerden biri olduğunu ve bu nedenle gerek öğrencilerin gerek de yöneticilerin yangın konusundaki farkındalığının ve davranışlarının önemli olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla söz konusu çalışmalarda insan faktörünün yangın riski üzerindeki etkisinin vurgulanmasıyla, bu çalışmada elde edilen davranışsal tehlike gruplarının yangın riskini artırdığı yönündeki bulguların birbirini desteklediği söylenebilmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Binaların sağlıklı yaşam koşullarını konfor ve güvenlik açısından yerine getirmesi, bina yaşam döngüsü ve kullanıcılar açısından önemli bir konudur. Bu açıdan bakıldığında binaların yangından korunması, oluşabilecek risklerin ortadan kaldırılması ve/veya kabul edilebilir bir düzeye düşürülmesi gerekmektedir. Bunun sebebi, ortaya çıkabilecek risklerin istenmeyen sonuçlar oluşturabilecek olmasıdır. Nitekim geçmişte meydana gelen yangın olaylarının can kaybı, yaralanma ve maddi hasar gibi istenmeyen sonuçlar doğurması konunun ciddiyetini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla her binanın kendi özelinde değerlendirmeler ve analizler yapılarak yangın riski düzeylerinin belirlenmesi ve buna yönelik önlemler alınması zorunludur. Bu çalışma, konunun bir öğrenci yurdu binası üzerinden ele

alınarak yangın kapıları kapsamında tehlike gruplarının ve olası risklerin belirlenmesi ve öneriler sunulması şeklindeki farklı aşamalardan oluşmaktadır.

L tipi Matris yöntemi ile yangın kapıları bağlamında yapılan yangın riski analizi sonucu 5 adet tehlike grubu ve 21 adet olası risk belirlenmiştir. Tehlike grupları ayrı ayrı değerlendirildiğinde yangın kapılarının kilitli olması durumunda yüksek düzeyli risklerin oranı %57 iken orta düzeyli risklerin oranı %43'tür. Yangın kapılarının yakınında fiziksel engel(ler)in bulunması durumunda olası risklerin %25'i yüksek düzeyli, %75'i orta düzeylidir. Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması durumunda oluşabilecek risklerin %25'i yüksek risk düzeyine sahipken %75'i düşük risk düzeyindedir. Bu tehlike grubunda orta düzeyli risk saptanmamıştır. Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması nedeniyle meydana gelebilecek riskler ise %67 oranında orta düzeyli, %33 oranında düşük düzeyli risk grubundadır. Bu tehlike grubunda ise yüksek düzeyli risk bulunmamaktadır. Duman sızdırmaz kapıların kapalı tutulmaması durumunda meydana gelebilecek yüksek düzeyli risklerin oranı %33 ve orta düzeyli risklerin oranı da %67'dir. Sonuçlar, en fazla yüksek risk değerine sahip tehlike grubunun 'yangın kapılarının kilitli olması' maddesi olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle yangın kapılarının kilitli olması nedeniyle oluşabilecek risklerin kabul edilebilir risk grubu kapsamında değerlendirilememesi söz konusudur. Dolayısıyla çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, geçmişte yaşanan öğrenci yurdu yangınlarına paralel olarak; can kaybı, yaralanma ve maddi hasara sebebiyet veren kilitli ve amaca uygun şekilde kullanılmayan yangın kapılarının olumsuz etkilerini bir kez daha vurgulamaktadır. Diğer yandan olası risklerin genel olarak bina kullanım sürecinde görülen davranışsal tehlike gruplarından kaynaklanması nedeniyle, kullanım aşamasında sunulacak etkili ve basit öneriler yardımıyla kısa sürede, az maliyetle ve az iş gücüyle tehlike gruplarının ortadan kaldırılması ve risk düzeylerinin en aza indirilebilmesi söz konusudur.

Tehlike gruplarına ilişkin çözüm önerileri, aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir:

- **Yangın kapılarının kilitli olması:** Bina içerisinde görevli olarak çalışan yardımcı personeller tarafından ortaya çıkabilen bir durumdur. Bu durumun güvenlik kaygısı nedeniyle oluştuğu söylenebilse de güvenlik kamerası gibi çeşitli sistemler yardımıyla güvenlik önlemlerinin sağlanabilmesi ve dolayısıyla yangın esnasında tahliye edilememe, kaçış merdivenlerine ulaşım sağlanamama ve can kaybı gibi risklerin en aza indirilebilmesi söz konusudur. Çalışma kapsamında yüksek düzeyli risklerin en çok bu tehlike grubunda görülmesi ve literatürde yer alan örnek olaylarda kilitli yangın kapıları nedeniyle can kayıplarının yaşanması, bu konuda daha gelişmiş önlemlerin alınması gerektiğini de ortaya koymaktadır.

- **Yangın kapılarının yakınında fiziksel engel(ler) bulunması:** Yangın kapılarının yakınında kullanıcıların kaçışını ve çıkışını engelleyecek objelerin ve eşyaların, çalışma kapsamındaki öğrenci yurdu binasında kalan öğrencilerden çok bina içerisindeki yardımcı personellerin dikkatsizliğinden kaynaklandığı söylenebilmektedir. Bu nedenle alanında uzman kişiler ve idari personel tarafından sunulacak önerilere göre engel teşkil edebilecek eşya ve objelerin depolara kaldırılması veya daha uygun bir yere konumlandırılması sağlanabilir.
- **Yangın kapılarının kendiliğinden kapanma sistemine sahip olmaması:** İdari personel tarafından sağlanacak bu sistemlerin görevli kişiler tarafından yangın kapılarına monte edilmesiyle çözülebilecek bir sorundur.
- **Kaçış merdiveni sahanlığına açılan kapıların kaçış yolunun 1/3'ünden fazlasını daraltması:** Tasarım ve planlama aşamasında yanlış tasarım kararlarının verilmesiyle ilişkilidir. Bu nedenle söz konusu tehlike grubundan doğabilecek risklerin en aza indirilebilmesi için bina kullanım sürecinde önlem alınabilmesi mümkün değildir. Ancak tehlike grubunun yüksek düzeyli riskler içermemesi nedeniyle bu gruptaki risklerin kabul edilebilir bir düzeyde olduğu söylenebilmektedir.
- **Duman sızdırmaz yangın kapılarının kapalı tutulmaması:** Yangın kapılarının kapalı tutulması, hem görevli personeller hem de öğrenciler tarafından dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu kapılara kendiliğinden kapanabilen sistemlerin kurulması, önüne bir engel koyulmayarak sürekli kapalı tutulmasına dair uyarı yazılarının asılması ve görevliler tarafından yapılacak rutin kontroller ile bu tehlike grubunun ve beraberindeki olası risklerin ortadan kaldırılabilmesi mümkündür.

Dolayısıyla çalışma kapsamında neredeyse tüm tehlike gruplarının basit ve etkili çözümlerle ortadan kaldırılarak risk düzeylerinin kabul edilebilir bir seviyeye düşürülmesi sağlanabilmektedir. Bununla birlikte öğrenci, yardımcı personel ve idari personel tarafından sergilenecek doğru davranış ve tutumların, öğrenci yurdu binasının uzmanlar ve idari personel tarafından rutin kontrollerinin yapılmasının ve yangın konusuyla ilgili verilecek eğitimlerin, binaların yangından korunmasına ve oluşabilecek risklerin en aza indirilmesine katkı sağlayacağı öngörülebilmektedir. Sonuç olarak binalarda, tasarım aşamasında yangın riskleri açısından analizler yapılması ve binaların doğru kararlar verilerek uygun bir şekilde inşa edilmesi, kullanım aşamasında doğru tutum ve davranışların sergilenmesinin yanı sıra yapılacak analizlerin gelişmiş simülasyon araçlarıyla ve yönetmelikte yer alan tüm konu başlıkları ele alınarak gerçekleştirilmesi ve alınacak önlemlerin etki düzeylerine bakılarak bütüncül bir şekilde uygulamaya koyulması önemli bir konudur.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

## ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Yazar 1: Yazma-oriijinal taslak hazırlama, veri toplama, görselleştirme, analiz. Yazar 2: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu, yazma-gözden geçirme ve düzenleme, doğrulama.

## KAYNAKLAR

- [1] I. Kovacic, V. Zoller, “Building life cycle optimization tools for early design phases”, *Energy*, vol. 92, pp. 409-419, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.027>
- [2] H. Ceylan, V. S. Başhelvacı, “Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: bir uygulama”, *Int. J. of Engineering Res. and Development*, vol. 3, no. 2, pp. 25-33, 2011.
- [3] E. İnal, E. Kaya, “Yurtların yangın güvenlik önlemleri kapsamında incelenmesine dair bir araştırma: Yalova ili örneği”, in *Proc. Tüyak 2017 TÜYAK 2017 Uluslarası Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, Nov. 9-10, 2017. Available: [file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/ba0ad5ac-4af3-4833-90ce-f4a5aae5930b/bildiri\\_kitabi.pdf](file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/ba0ad5ac-4af3-4833-90ce-f4a5aae5930b/bildiri_kitabi.pdf)
- [4] E. Çataklı, “Binalarda mevcut yangın güvenlik önlemlerinin değerlendirilerek yangın güvenliğini artıracak parametrelerin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2022.
- [5] M. Güneş, “Öğrenci barınma hizmeti veren binalarda yangın güvenlik önlemleri”, Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 2020.
- [6] T. Pamukçu, “Yükseköğrenim öğrenci yurtlarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi; Mersin ili örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Toros Üniversitesi, Mersin, 2021.
- [7] Z. Şimşek, “Eğitim yapılarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi”, in *Proc. Tüyak 2017 TÜYAK 2017 Uluslarası Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, Nov. 50-60, 2017. Available: [file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/ba0ad5ac-4af3-4833-90ce-f4a5aae5930b/bildiri\\_kitabi.pdf](file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/ba0ad5ac-4af3-4833-90ce-f4a5aae5930b/bildiri_kitabi.pdf)
- [8] TS 11498, (1994), Öğrenci Yurtları - Yüksek Öğrenim için Genel Kurallar, Türk Standartları Enstitüsü.

- [9] M. Yaman, “Öğrenci yurt binalarında yangın güvenlik önlemleri ve tahliye simülasyonları”, *Tasarım+Kuram*, vol. 17, no. 34, pp. 123-138, 2021, doi: 10.14744/tasarimkuram.2021.59023
- [10] R. Campbell, ‘Fires in Dormitory-Type Properties’, NFPA, USA, 2021.
- [11] D. J. Carpenter, ‘College Dormitory Fires in Dover, Delaware and Farmville, Virginia’, U.S. Fire Administration, USA, 1987, Available: [https://www.interfire.org/res\\_file/pdf/Tr-006.pdf](https://www.interfire.org/res_file/pdf/Tr-006.pdf)
- [12] Arabnews.com ‘Malaysia dorm fire: Building plan was not followed, says official’, 2017. [Online]. Available: <https://www.arabnews.com/node/1161096/world> [Accessed: 27 - Dec - 2022].
- [13] Ensonhaber.com ‘Kız yurdundaki yangın söndürüldü’, 2018. [Online]. Available: <https://www.ensonhaber.com/ic-haber/kiz-yurdunun-yemekhanesinin-catisinda-yangin-cikti> [Accessed: 26 - Dec - 2022].
- [14] Haberkibris.com ‘Öğrenciler ölümden döndü’, 2011. [Online]. Available: [https://haberkibris.com/d15cab9c-2011\\_12\\_15.html](https://haberkibris.com/d15cab9c-2011_12_15.html) [Accessed: 26 - Dec - 2022].
- [15] BYKHY2007, ‘Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’ (19 Aralık 2007). Resmi Gazete (Sayı: 26735).
- [16] S. Selçuk, H. H. Selim, “Mücevherat sektöründe kullanılan iş sağlığı ve güvenliği risk analiz yöntemlerinden I tipi matris yöntemi”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, vol. 1, no. 1, pp. 21-27, 2018.
- [17] N. Yapıcı, G. Buturak, “Kamu sağlık kurumlarında farklı risk analiz yöntemlerinin incelenmesi: örnek bir uygulama”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, vol. 37, no. 3, pp. 753-764, 2022.
- [18] Z. Kendirli, Y. E. Karamanoğlu, H. İ. Özbilger, “Tesislerde Yangına Karşı Risk Seviyelerinin Hesaplanması: Askeri Tesis Örneği”, *Afet ve Risk Dergisi*, vol. 3, no. 1, pp. 1-19, 2020.
- [19] P. Oruç, “Sürdürülebilir yapılardaki yangın risklerinin L matris yöntemi ile değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2018.
- [20] P. Özayan, “İş güvenliği kapsamında öğrenci yurtlarında yangın güvenlik önlemlerinin incelenmesi ve bir örneklem” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankaya Üniversitesi, Ankara, 2018.
- [21] F. Khajehnasiri, V. Zaroushani, Z. B. Haris, “Fire risk analysis in a student dormitory using fire risk index method for multi storey apartment buildings in 2021: A case study”, *Journal of Health and Safety at Work*, vol. 13, no.1, pp. 90-108, 2023.
- [22] M. Zhang and W. -j. Yu, "Analysis and Research on Fire Safety of University Dormitory Based on Bayesian Network," *2021 IEEE 12th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, Beijing, China, 2021, pp. 295-299, doi: 10.1109/ICSESS52187.2021.9522247.
- [23] S. Yijun, L. Chunying, “Research on fire risk assessment and safety management of college students’ dormitory”, *Journal of Health and Safety at Work*, vol. 13, no. 1, pp. 90-108, 2023.



*Araştırma Makalesi / Research Article*


## **Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği**

### *Hybrid System Analysis for Surface Rainwater Drainage in Urban Highway Underpasses: The Case of Diyarbakir City*

Hüseyin FİDAN<sup>1,\*</sup> , Tamer BAĞATUR<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1276718>

#### **MAKALE BİLGİSİ**

##### **Makale Tarihi**

*Alınış, 04 Nisan 2023*

*Revize, 31 Mayıs 2023*

*Kabul, 31 Mayıs 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

##### **Anahtar Kelimeler**

*Yağmur suyu, Karayolu alt geçitleri, Pompa, Kanalizasyon, Rasyonel metot*

#### **ÖZ**

Dünyada meydana gelen birçok trafik kazalarındaki “boğulma ölümleri” genellikle karayollarının eğimli alt geçitlerinde veya çöküntülü bölümlerinde meydana gelmektedir. Bir kentsel alanda yer alan karayolu alt geçit noktalarından yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda artan bir endişe bulunmakla birlikte bu sorunun çözümleri de aranmaktadır. Bu çalışmada Diyarbakır- Şanlıurfa kent içi karayolu üzerinde bulunan altgeçit-köprülü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı uygulama alanı olarak seçilmiş olup hem güvenlik hem de hidrolik verimlilik açısından karayolu alt geçidi drenaj sistemini iyileştirmek için yeni bir hibrit sistem tasarımı araştırılmıştır. Bu çerçevede alt geçit drenaj tesisinin iki sistemden oluşması tavsiye edilmektedir. Bu ikili sistem; küçük fırtına olayını yerçekimi yoluyla toplamak için boyutlandırılmış bir yeraltı kanalizasyon hattı ve büyük bir fırtına olayı sırasında fazla suyu drene edecek bir pompa sisteminden oluşmaktadır. Pompa sistemi, acil durumlarda devreye girecek sabit bir istasyon veya hareketli bir birimden oluşmaktadır. Birden fazla fırtına olayı için böyle bir hibrit drenaj sisteminin tasarımında, kanalizasyon borularını ve karter pompalarını boyutlandırmak için sırasıyla kullanılan Rasyonel Metot ve önerilen sistemin performansını iki fırtına olayı altında doğrulamak için benimsenen EPA SWMM bilgisayar modeli olmak üzere iki hidrolojik yaklaşım kullanılmaktadır. Bu çalışmada seçilen alt geçit noktalarındaki hidrolik verimlilik analizleri için bu metotlarla tasarım senaryoları çalışılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde mevcut yağmur suyu drenaj sisteminin olası 5-100 yıllık tekerrür eden yağış olaylarında yetersiz kaldığı görülmüştür. Böylece yapılan simülasyon neticesinde mevcut yağmur suyu drenaj sisteminin kapasitesi artırılmış ve sisteme pompa entegrasyonu sağlanmasıyla yağmur suyu drenaj sistemi kapasitesinin yeterli bir seviyeye geldiği gözlemlenmiştir.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [tem023@hotmail.com](mailto:tem023@hotmail.com) (Hüseyin FİDAN), [tbagatur@dicle.edu.tr](mailto:tbagatur@dicle.edu.tr) (Tamer BAĞATUR)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 04 April 2023

Revised, 31 May 2023

Accepted, 31 May 2023

Available Online, 01 October 2023

### Keywords

Stormwater, Highway underpass,  
Pump, Sewer, Rational method

## ABSTRACT

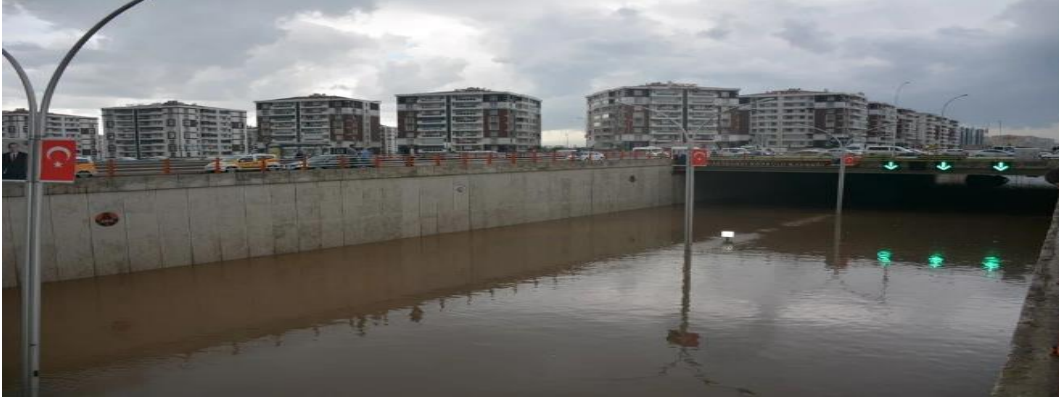
"Suffocation deaths" in many traffic accidents occurring in the world generally occur on inclined underpasses or collapsed sections of highways. While there is growing concern about how to quickly and safely remove rainwater from highway underpass points in an urban area, solutions are also sought to address this problem. In this study, Maternity Hospital Bridge Interchange, one of the underpass-bridge intersections on the Diyarbakır-Şanlıurfa urban highway, was chosen as the application area and a new hybrid system design was investigated to improve the highway underpass drainage system in terms of both safety and hydraulic efficiency. In this framework, it is recommended that the underpass drainage facility consists of two systems. This dual system; It consists of an underground sewer line sized to collect a small storm event by gravity, and a pump system to drain excess water during a major storm event. The pump system consists of a stationary station or a mobile unit that will be activated in an emergency. Two hydrological approaches are used in the design of such a hybrid drainage system for multiple storm events, the Rational Method used to size the sewer pipes and sump pumps, respectively, and the EPA SWMM computer model adopted to validate the performance of the proposed system under two storm events. In this study, design scenarios were studied with these methods for hydraulic efficiency analyzes at selected underpass points. When the results are examined, it has been seen that the existing rainwater drainage system is insufficient for possible 5-100 years of recurrent precipitation events. Thus, as a result of the simulation, the capacity of the existing rainwater drainage system was increased and it was observed that the capacity of the stormwater drainage system had reached a sufficient level with the integration of the pump into the system.

## 1. GİRİŞ

Karayolu alt geçitleri, otoyol sisteminde trafik akışını sürdürmek için rampa görevi gören yüksek köprülerden oluşur. Karmaşık bir otoyol kavşağında üç boyutlu yerleşim, özellikle şehir silüeti güzelliğini korumak, trafik akışlarının değişiminde kolaylık sağlamak, şerit ve yön değiştirmek için birçok yokuş yukarı rampa ve yükseltilmiş köprü ile otoyol bağlantısını sağlamaktadır. Bütün bu bağlantıları sağlayan alt geçit sisteminde iyi bir drenaj sistemi inşa edilmelidir. Trafik kazalarında boğulma ölümleri genellikle karayolunun eğimli bölgelerinde veya çöküntülerinde meydana gelmektedir. Kentleşme hızı ve büyüme ile birlikte Dünya’da ve ülkemizde alt geçitlerde araçların suya batması sonucu araçtaki sürücü ve yolcuların ölüm oranları artmaktadır [1]. ABD’de yayımlanan bir rapora göre; 2004’ten 2007’ye kadar 33599 trafik kazasında bu tür 339 vaka tespit edilmiştir. Şiddetli yağış sırasında suya batmış araçlarda yaşanan boğulmalarla ilgili çok sayıda haber yapılmıştır. Ayrıca; Diyarbakır’ın Bağlar ilçesinde etkili olan sağanak yağış, Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde bulunan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı’ndaki alt geçit yaşanan etkili sağanak yağış nedeniyle kısa sürede suyla dolmuş ve seyir halindeki 3 araç alt geçitte mahsur kalmıştır [2]. Karayolları alt geçitlerinde yaşanan bu tür boğulma vakalarının çoğu doğrudan altyapı drenaj sisteminin yetersiz oluşundan kaynaklanmaktadır (Şekil 1) [3]. Dünya çapında yaşanan bu sorunlar birçok araştırmacıya konu



olmuştur. Bu araştırmacılarından Wen Liang Wang, James Guo ve Jun Qi Li Amerika Birleşik Devletleri Colorado eyaletinin Denver kentinde uygulanan alt geçit yağmur suyu drenaj sistemi için küçük fırtına olaylarını yerçekimi ile toplamak, büyük fırtına olayları sırasında bir yeraltı kanalizasyon hattının boyutlandırılması ve fazla suyu kaldırmak için bir pompa sistemi kullanmışlardır. İki fırtına olayı altında sistemin performansını doğrulamak için EPA SWMM bilgisayar modelini kullanarak sorunları gidermişlerdir.



Şekil 1. Yağmur suyunun Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidindeki durumu (Mayıs 2017)

Karayollarının düşük noktalarında ve alt geçitlerinde; yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda çözüm aranmaktadır. Birden fazla şiddetli yağış olayı için hibrit drenaj sistemi tasarım alternatifi ile yeni bir konsept düşünülmektedir. Bu tür kademeli akış sistemi hem yerçekimi hem de mekanik pompa deşarj tesisler konseptini kullanarak alt geçit drenaj sistemi tasarımını genişletmektedir. Büyük akımların meydana gelmesi durumunda karayolları alt geçit sisteminde biriken yağmursuyu, yerçekimi ve mekanik tesislerin kombinasyonu ile tahliye edilebilir. Kısacası kanalizasyon ve pompa sistemi tahliyede birlikte kullanılır. Yeraltı kanalizasyon hattı kullanılarak küçük ölçekli akımlar yerçekimi ile toplayacak şekilde boyutlandırılmalı ve pompa ile deşarj etmek için ise istasyon veya hareketli bir ünite yapılmalıdır. Yağmur suyu drenaj sistemi tasarımında küçükten büyüğe tüm yağmur suyu akımları için bir drenaj sistemi kurulur. İlk olarak 10 yıllık bir sokak drenaj sistemi kurulur ilave olarak makro akış sistemi inşa edilir. Gözenekli çöp tutucular kullanılarak kaldırımlardan, sokak girişlerinden ve sızan yataklardan gelen yağmur suyunu çöplerden arıtılarak yağmursuyu kalitesini korumasını ile 5 yıllık şiddetli yağış olaylarında su tahliyesi güvenli bir şekilde sağlanır. 50 ila 100 yıllık şiddetli yağış olaylarında ise sokak olukları, gözetim havuzları, yol kenarındaki hendekler, pompalar ve çoklu tasarım etkinlikleri kullanılarak bu sayede istenilen düzeyde yağmursuyu drenaj yönetimi ile sağlanır [4]. Bu çalışmada bir karayolu alt geçidinde hibrit bir drenaj sistemi tasarlanmak için sistematik bir yaklaşım olarak başta 100 yıllık yağış olayı olmak üzere birden fazla yağış olaylarının tasarım projesine nasıl dâhil edileceğini değerlendirmek için bir örnek altgeçit olarak Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde bulunan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı'ndaki alt

geçit seçilmiştir. Böyle bir hibrit drenaj sisteminin tasarımında, Rasyonel Metot ve önerilen sistemin performansını iki fırtına olayı altında analiz etmek için EPA SWMM bilgisayar modeli kullanılmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma; Diyarbakır kent içi trafiğini rahatlamak ve konforlu bir trafik akışını sağlamak için Diyarbakır-Şanlıurfa devlet yolu üzerinde bulunan Otogar Köprülü Kavşağı, Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı, Yüzevler Alt Geçit Köprüsü, Yenihal Köprülü Kavşağı, Kantar Köprülü Kavşağı, Parkorman Alt Geçit Köprüsü, Diclekent Köprülü Kavşağı ve Seyrantepe Köprülü Kavşağı olmak üzere 5 adet köprülü kavşak ve 2 adet alt geçit köprüsü toplamda 7 adet çalışma alanının mevcut yağmur suyu drenaj sisteminde yaşanan olumsuzluklar gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemler sonucu yağmursuyu drenajı konusunda bu kavşaklar arasında en problemlili olan köprülü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2). Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi için veriler bölgenin 100 yıllık aylık ortalama yağış değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinden temin edilmiştir (Tablo 1). Tablo 1’de yapılan tahminler Gumbel Dağılım analizi ile elde edilmiştir. Daha sonra Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit kotları, yüzölçümü, uzunluk ve eğim değerleri ise Karayolları Genel Müdürlüğü’nden alınan yol projesinden elde edilmiştir. Elde edilen yağış verileri; yüz ölçümü, uzunluk değerleri havza kotları ile kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C) [5] gibi değerler; dört havzaya ayrılmış olan havzada Rasyonel Yöntem ile tepe akışı debisini hesaplamak için kullanılmıştır. Aynı zamanda bu veriler EPA SWMM programı ile Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçidi modelleme işlemleri için girdi olarak kullanılmıştır.



Şekil 2. Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçit alanı

**Tablo 1.** Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yağış verileri (mm) [6]

Yağış Süresi, Saat	Tekerrür, Yıl						
	2	5	10	25	50	100	1000
0,083	57,072	83,622	101,201	123,411	139,889	156,244	210,288
0,166	42,452	61,683	74,415	90,503	102,438	114,285	153,430
0,250	34,872	50,457	60,776	73,813	83,485	93,086	124,810
0,500	22,116	32,062	38,646	46,966	53,138	59,265	79,509
1	13,250	18,505	21,984	26,380	29,641	32,879	43,575
2	8,102	10,782	12,557	14,799	16,462	18,113	23,568
3	6,137	8,129	9,448	11,115	12,351	13,579	17,634
6	3,890	5,067	5,874	6,832	7,563	8,289	10,686
12	2,289	3,062	3,575	4,222	4,702	5,178	6,753
24	1,500	1,902	2,167	2,503	2,752	3,000	3,817

## 2.2 Yöntem

### 2.2.1 Akış Tahmini Yöntemi

Genellikle karayollarının bağlı olduğu her havza için tepe akış debi değerleri Rasyonel Yöntem kullanılarak aşağıdaki formülle tahmin edilmektedir [7].

$$Q = \alpha \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Burada; Q= En yüksek akış debisi, m<sup>3</sup>/s (İngiliz birim sistemi için  $\alpha$  katsayısı 1 ve SI birim sistemi için ise 1/360 olarak alınmaktadır), C=akış katsayısı (Tablo 2), I= Akış şiddeti, mm/saat; A=Havza alanı (m<sup>2</sup>), dönüm veya hektar. Yağış şiddeti parametresi aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$I = (C_1 \cdot P_{\text{indeks}}) / ((C_2 + T_d) \cdot C_3) \quad (2)$$

Burada; P<sub>indeks</sub>=Yağış olayının tekerrür periyodunu temsil eden mm cinsinden indeks yağış derinliği, T<sub>d</sub>=Dakika cinsinden yağış süresi ve C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> yerel sabitlerdir [8].

**Tablo 2.** Kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C) [5]

Kaplama ve Zemin Özellikleri	Akış Katsayısı (C)
Beton veya Asfalt Kaplama	0,80-0,95
Çakıl Yollar	0,35-0,75
Parklar ve Yeşil Alanlar	0,10-0,35
Hafif Çayırıklar	0,20-0,40
Çok Dik Çıplak Yamaçlar	0,80-0,90
Yaprak Döken Ağaçlı Ormanlar	0,35-0,60
Çam Ormanları	0,25-0,50
Dalgalı Çıplak Yüzeyler	0,60-0,80
Vadi İçi Ekili Araziler	0,10-0,30

### 2.2.2 Küçük Fırtına Olayları İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı

Kanalizasyon şebekesi tasarımı rögar (menhol) tabanlı bir yaklaşımdır. Havzanın başlangıç noktasından (memba) rögarından başlayarak toplanan akışlar kanalizasyon hatları boyunca yerleştirilen rögarlarla çıkışa (mansap) doğru toplanmaktadır. Böylece her bir rögar için toplam debi şu şekilde tanımlanabilir.

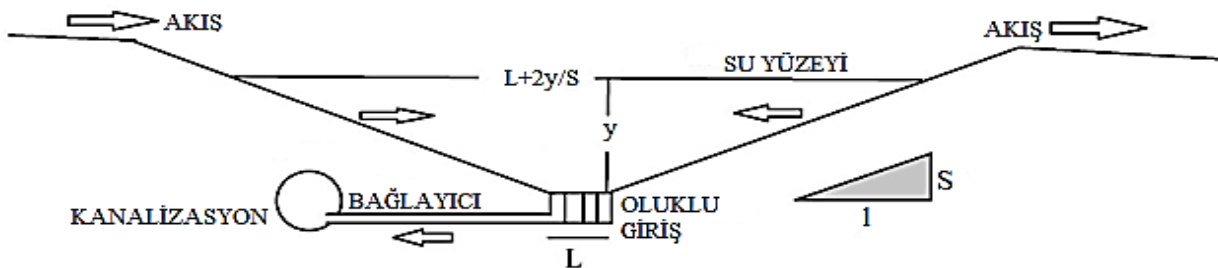
$$Q_i = I \cdot \sum_{j=1}^n C_j \cdot A_j \quad (3)$$

Burada;

$Q_i$ =İ-inci rögardaki en yüksek debi değerini ifade etmektedir. Ayrıca  $j$ =j-inci havza ile ilgili değişkenleri temsil etmektedir.

### 2.2.3 Büyük Fırtına Olayları İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı

Alt geçit drenaj sistemi için en temel güvenlik kriteri, izin verilen göllenme derinliğine bağlıdır (Şekil 3). Önerilen kanalizasyon hatları küçük akışları toplayacak şekilde boyutlandırılmaktadır. Bu nedenle 2 yıllık akış dışındaki herhangi bir yağış olayında düşük noktalarda yağmur suyunun birikmesi söz konusudur. Uygulamada ise depolama kapasitesi en düşük noktada 100 yıllık yağış olayını barındırmalıdır [6].



Şekil 3. Alt Geçitlerde Yağmur suyunun Depolanma kesiti

Bir karayolu alt geçidinde sarkma eğrisi sağ ve sol dikey yan duvarlarla sınırlandırılmıştır. Şiddetli bir yağış sonucunda biriken su seviyesi gittikçe artmaktadır. Şekil 3’de gösterildiği gibi y derinliğindeki yağmur suyunun toplanma kapasitesi şu şekilde irdelenebilir. Toplanan suyun yüzey alanı aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$A_T=[L+2(y/s)] B \quad (4)$$

Burada;  $A_T$ =Su yüzey alanı,  $m^2$ ;  $S$ =Alt geçit basık bölümde karayolu eğimi,  $B$ =Basık bölümde duvardan duvara genişlik,  $m$ .

Ayrıca, toplanan yağmur suyunun depolanma hacmi ise aşağıdaki gibi olacaktır.

$$V(y)= (L+ y/s) B y \quad (5)$$

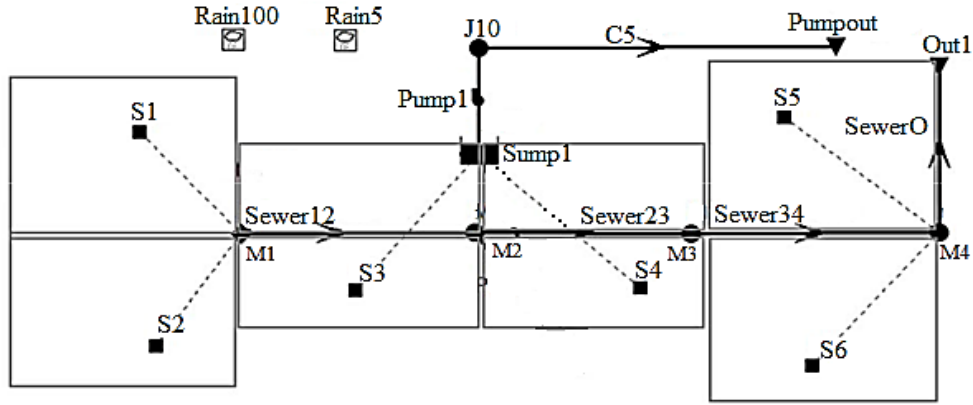
Burada;  $V(y)$ =Depolama hacmi ( $m^3$ ).

Düşük noktaya gelen akım çıkış akımından büyük olduğundan depolanan hacim zamanla artış gösterecektir. Güvenlik amacıyla düşük noktada biriken su yüksekliği 45 cm’den büyük olmamalıdır.  $y=45$  cm için depolama hacmi denklem (5) ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ele alınan hibrit sistem yaklaşımı ile depolanan su hem bir pompa sistemi yardımıyla pompalanır hem de kanalizasyon tarafından deşarj edilir. Giriş ve çıkış hacimleri dengelenerek depolama hacmi tasarımı yapılır.

#### 2.2.4 EPA SWMM Bilgisayar Programı İle Analiz

EPA SWMM bilgisayar programı ile modelin oluşturulmasında öncelikle bölgenin 100 yıllık aylık ortalama yağış değerleri, daha sonra Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit kotları, yüzölçümü, uzunluk ve eğim değerleri veri olarak bilgisayarda tanımlanmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü’nden alınan aplikasyon eksenini kırmızı hat profilinden çıkarılan kotlardan faydalanarak yağmur suyunun akış yönlerine göre 6 adet alt havza (subcatchment) oluşturulmuştur. Şekil 4’de SWMM programında oluşturulan alt havzalar görülmektedir.

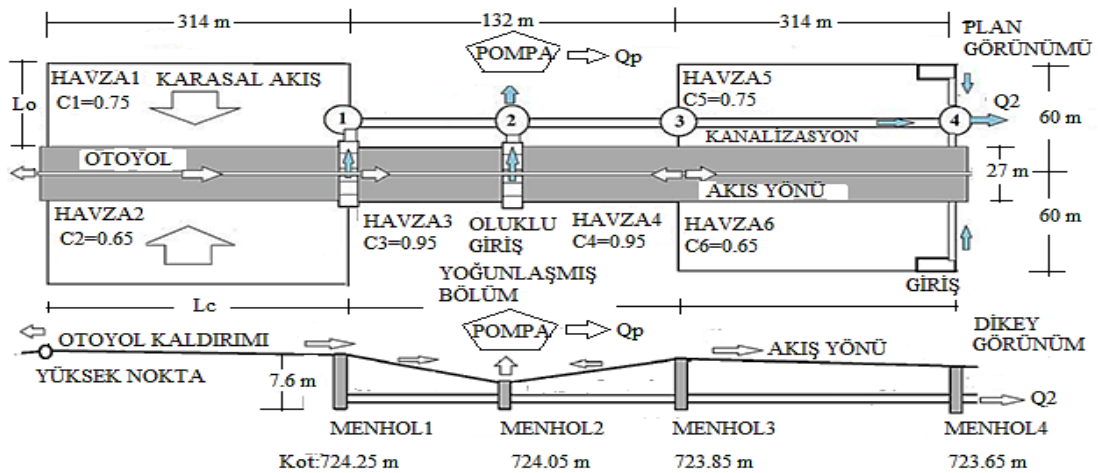
Elde edilen veriler ile SWMM programı kullanılarak Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçidi modellenmiştir. Modelde oluşturulan alt havzaların bilgileri SWMM programında her bir alt havzanın özellikleri kısmına veri olarak girilmiştir. Alt havza alanları manuel olarak hesaplanmış ve programa eklenmiştir.



Şekil 4. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağında EPA SWMM için oluşturulan alt havzalar

Ayrıca geçirimsiz alan yüzdeleri (% Imperv) S1 alt havzası için düz asfaltta kullanılan katsayılar dikkate alınarak geçirimsiz alan pürüzsüzlük katsayısı 0,011 olarak tanımlanmaktadır [9]. Geçirimli alan pürüzlülük (N-Perv) katsayısı yine düz asfalt için 0,13 olarak seçilmiş olup SWMM programına girilmiştir [10]. Ayrıca sızma verileri için havzalar büyük oranda asfalt yol olduğundan Modified Horton denklemi tercih edilmiştir.

Altgeçitlerin rampa sarkma eğrilerinde akışa geçen akımlar düşük kotlara doğru sürüklenir. Bu nedenle genellikle oluklu ızgara girişleri rampalara monte edilir ve daha sonra mansap rögarlarına bağlanır. Bir karayolu alt geçit drenaj projesinde iki bölüm üzerinde yoğunlaşılır: Birincisi küçük akımları geçmek için yeraltı kanalizasyon hattı diğeri ise büyük akımları geçmek için pompanın sisteme nasıl entegre edileceğidir [11]. Önerilen pompa sistemi sabit istasyon veya hareketli istasyon olabilir. Seçilen alt geçitin mevcut plan ve boy kesit verilerine göre olağan üstü durumlarda hem pompa hem de kanalizasyon sistemi Şekil 5'de ki gibi olacaktır.



Şekil 5. SWMM programı için Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Altgeçitinin planı ve boyuna kesiti

Şekil 5’de gösterildiği gibi genellikle sarkma eğrisinin girişine yakın yüksek bir noktada rögar1 (menhol1) yerleştirilir. Rögar2 ise en düşük noktaya (kota) yerleştirilir ve daraltılmış yan alanlardan gelen yağmur sularını toplar. Havza 1, 2, 3 ve 4’te biriken yağmur suyunu 2 yıllık yağış olayını geçmek için yeraltı kanalizasyon hattı döşenir. Küçük drenaj sistemi ise, düşük noktada 100 yıllık etkinlik boyunca fazlalığı ikinci turda tahliye edecek kanalizasyon sistemine ilave olarak bir pompa sistemi yerleştirilecektir. Birleşik drenaj sistemi kapasitesi düşük noktadaki biriken suyu hızlı bir şekilde tahliye eder. Bu çalışmada; alt geçit bölümü için drenaj tasarımı iki bölüme ayrılmıştır.

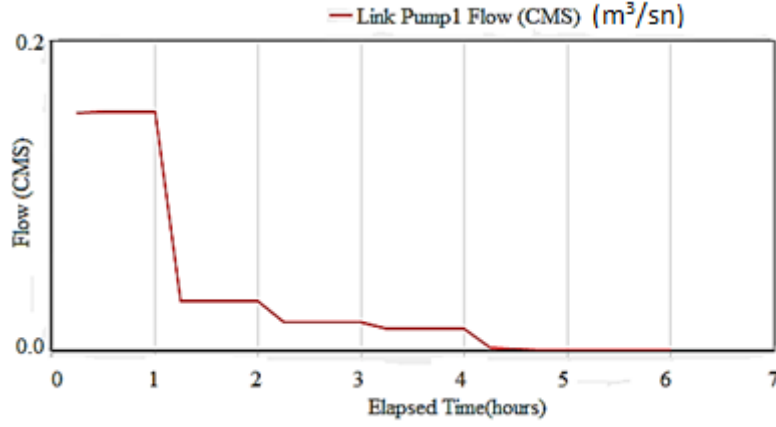
1. Küçük drenaj sistemine bağlanacak kanalizasyon hattının bağlanması
2. Yağmursuyu ana drenaj sistemine iletmek için pompa-depolama sistemi tasarımı

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada pik akış debilerinin tahmini için en popüler ve en basit bir metot olan Rasyonel Metot formülü kullanımı tercih edilmiştir. Böyle bir pik akışa dayalı yaklaşım; kanalizasyon ve havza boyutlandırılması için kullanılması yeterli olmasına rağmen yine sistem performansını doğrulamak için EPA SWMM programı ile sayısal bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. EPA SWMM yüzeysel akış yöntemi ile kullanılan havzalar ve tüm akış hidrografları sayısal bağlantı düğüm modeline dönüştürülmüştür. Dinamik dolgu yönlendirme şeması, sistem boyunca taşkın akışlarını iletmek için uygulanmıştır. Alt geçit alt kotu 1’inci Rögarda olacak şekilde toplama havuzu olarak modellenmiştir [12]. Gücü 15,4 Kilowatt’lık bir pompa için derinlik akış pompası karakteristik eğrisi tanımlanmıştır (Şekil 6).

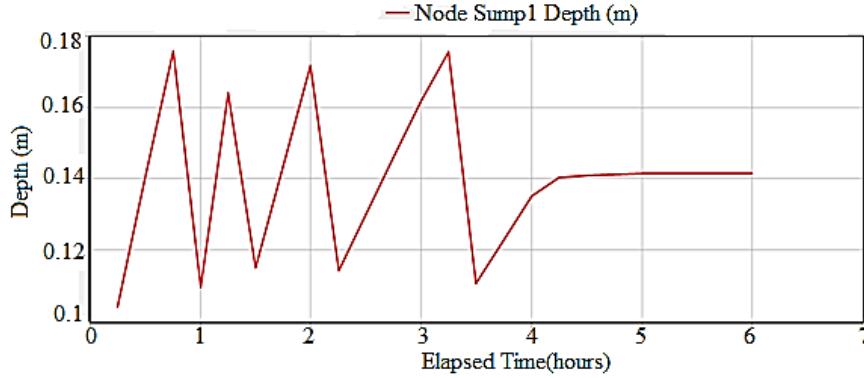
Pompa çalışması için başlatma ve kapatma derinlikleri 18 cm ve 13 cm olarak ayarlanmıştır [13]. Çünkü kaldırım boyunca kaldırım yüksekliği 15 cm’dir [14]. Pompa sisteminde düşük akışlı bir boru sistemi yağmur suyunun depolandığı havuzun dip kısmına monte edilir ve her zaman havuzun boşaltma sürecini simüle etmektedir.

Göllenme derinliği pompa kapatma derinliğinden daha sığdır. Ön tasarım için ideal pompa kullanılabilir [15]. İdeal pompa kullanılması takdirde pompa açma-kapama derinliği ve pompa eğrisi verilerinin sisteme girilmesine gerek duyulmamaktadır.



Şekil 6. Pompa debi deşarj zaman serisi (ideal pompa)

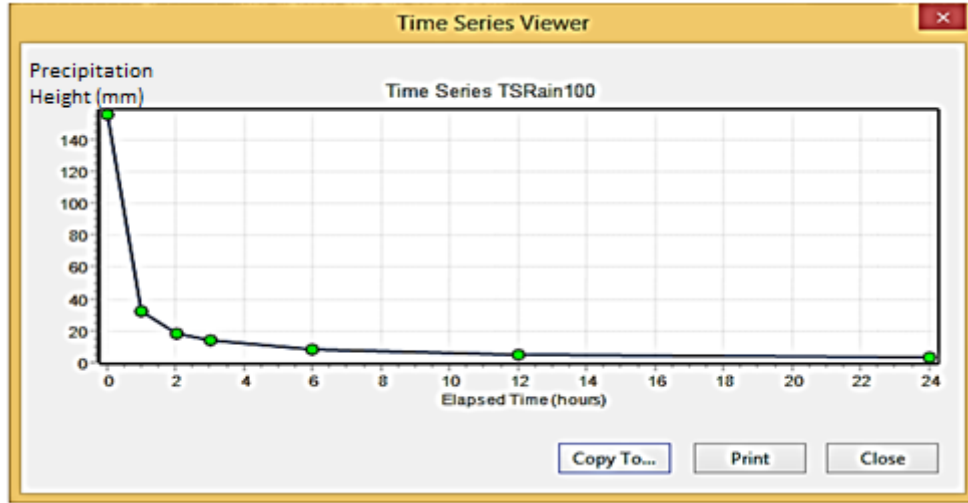
Ayrıntılı yerel topografya hali hazırda mevcut olmadığından, pompa sistemi için çıkış noktası yüksekliği 8 m olarak ayarlanmıştır. Şekil 7, düşük noktadaki su derinliklerindeki dalgalanmaları göstermektedir. 100 yıllık etkinlik yağış boyunca, su derinliği 0,665 m/s'lik bir pik debi değerinde bile 0,45 m'nin altında kalmaktadır. Önerilen pompa sisteminin, boşaltma işlemini en düşük noktada yapması yaklaşık olarak 4 saat sürmektedir. Uygulama son aşamaya geçerken, tahliye noktasının çöküntü bölümünün alt kısmına, bir sifon sistemi yerleştirilir.



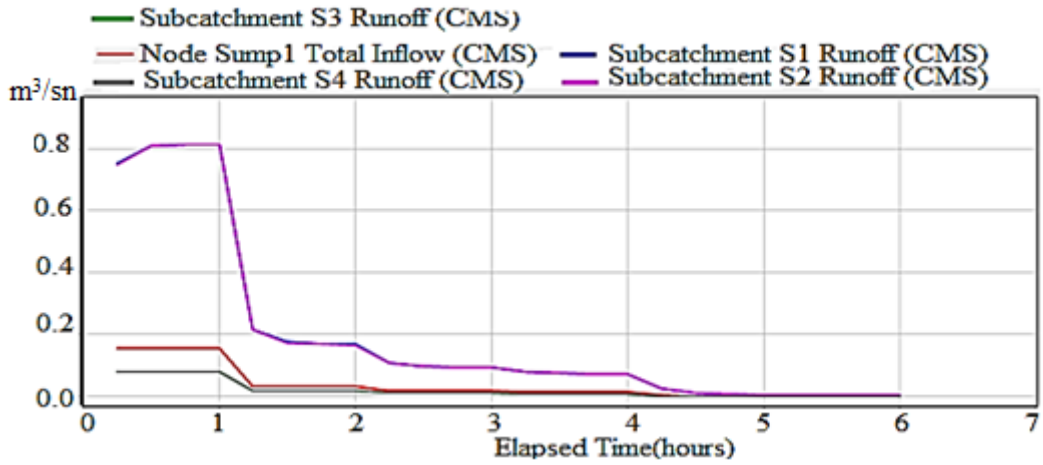
Şekil 7. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi depolama ünitesi su derinliği değişimi

Şekil 8 ve Şekil 9 100 yıllık yağış hiyetografı ve 4 havzadan oluşturulan tahmini hidrografları ve hazne noktasından dışarı akış hidrografını göstermektedir. Hiyetograf, yerel yağış yoğunluğu formülünden yani Denklem (2)'den türetilmiştir. En düşük noktaya gelen akışların toplamı yaklaşık 0,8 m/s akış hızına sahip iken, tepe çıkış akışlarının akış hızı 0,1 m/s'ye yakındır. Kanalizasyon sistemi (3-4 nolu hat) normal akış varsayımı altında 2 yıllık 0,665 m³/s'lik pik debiyi geçecek şekilde boyutlandırılmış olmasına rağmen, Kanalizasyon 3-4 nolu hat 100 yıllık enerji derece çizgisi altındaki performansı 1,6 m³/s'lik pik debiye sahiptir (Şekil 10). Bu da gösteriyor ki yapılan iki yıllık tasarım kapasitesi yetersiz kalmaktadır.

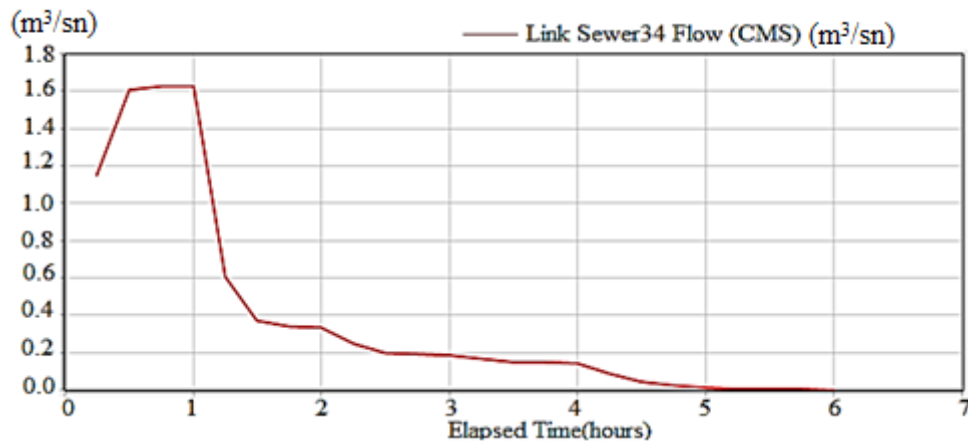




Şekil 8. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde ait hiyetograf (100 yıllık)



Şekil 9. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde alt havzalara ait hidrograflar (S1=S2, S3=S4)



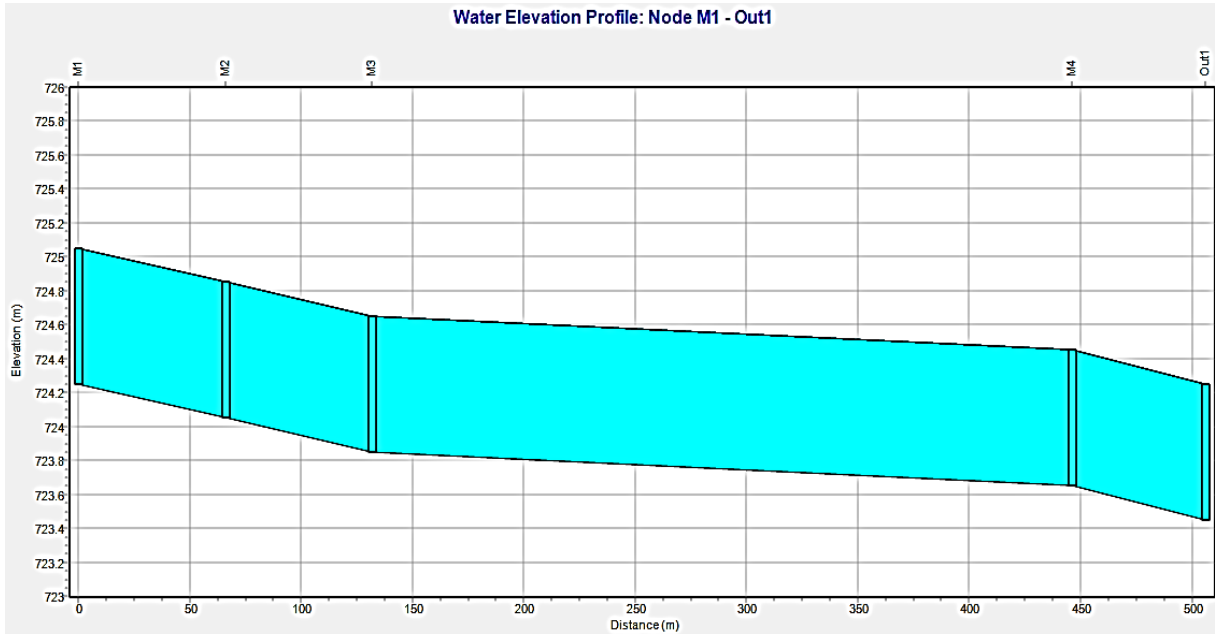
Şekil 10. Kanalizasyon 3-4 için debi-zaman serisi

Pompa hattı ise yaklaşık  $0,155 m^3/s$ 'lik bir debiyi iletmektedir. Akıştaki bu azalma, düşük noktadaki yani  $0,46 m$  su seviyesindeki depolama hacmi pompa sayesinde yapılan tahliyeyi ifade

etmektedir. Maksimum depolama hacmi için öngörülen kritik süre 14,11 dakika iken, pompa 20 dakika içinde tam kapasitede çalışmaktadır. Bu durumda, akış hidrograflarındaki tepe akışları, Rasyonel Yöntemine göre hesaplanan değerlerden yaklaşık %5 ila %10 daha yüksektir. Bunun nedeni ise Rasyonel Yöntem, kullanıcı tanımlı akış katsayılarını talep ederken, SWMM kullandığı kinematik dalga modeli ile akış katsayılarını hesaplamaktadır. Bu iki akış katsayısı seti arasındaki fark, mühendisin deneyimine bağlıdır. Bununla birlikte, Rasyonel metoda göre boyutlandırılmış kanalizasyon ve toplama havuzu değerleri önerilen pompalarla sistemi çalıştırmak için yeterlidir. Tablo 3'te verilen 100 yıllık yağış verileri kullanılarak Kanalizasyon 1-2 ve kanalizasyon 2-3 boru hattı boru çapları 1,2 m; kanalizasyon 3-4 boru hattı çapı ise 1,4 m seçilmiş ve ideal pompa sisteme entegre edilmiştir. Yapılan simülasyon neticesinde simülasyonun 00.15'inci dakikası anında M1 (Menhol 1) ile Out1 (Deşarj Nokatsı 1) kanalizasyon hattı su kotu profili Şekil 11'de verilmiştir.

**Tablo 3.** 100 yıllık tekerrür eden yağış verileri

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value (mm)
	0	83
	1	18
	2	11
	3	8
	6	5
	12	3
	24	1



**Şekil 11.** Simülasyonun 00.15'inci dakikası anında mevcut sistem su kotu profili

#### 4. SONUÇLAR

Karayolları düşük noktaları ve alt geçitlerinde; yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda çözümler aranmaktadır. Bu çalışmada çözüm arayışlarına katkıda bulunmak amacıyla uygulama alanı olarak seçilen Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde yer alan köprülü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçidi havza modellenmesi SWMM programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda SWMM programı kullanarak, Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi hibrit yağmur suyu drenaj sistemi kapsamında köprülü kavşak alanı için toplam yüzeysel akış incelenmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde hidrolojik modellenme oluşturarak köprülü kavşak alt geçidi için alternatif bir yağmur suyu hibrit sistem modeli sunulmuştur. Yağış girdileri için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 100 yıllık yağış verileri arasından en yüksek yağış değerleri kullanılarak 100 yıllık ve 5 yıllık tekerrür eden yağış olayları oluşturulmuş ve sisteme girdi olarak ayrı ayrı girilmiştir. Bu doğrultuda model üzerinde oluşturduğu taşkın noktaları incelenmiştir. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçiti mevcut kanalizasyon boru hattının yetersiz oluşu geride su birikmesine ve havzalarda taşkınların yaşanmasına neden olmaktadır.

Çıkan sonuçlar irdelendiğinde mevcut yağmur suyu drenaj sistem kapasitesi olası 100 yıllık ve 5 yıllık tekerrür eden yağış olayları esnasında yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Mevcut yağmur suyu drenaj sistemi kapasitesi artırılmış ve sisteme pompa entegre edilmesi sonucu SWMM programı kullanılarak yapılan simülasyon neticesinde yağmur suyu drenaj sistemi kapasitesi yeterli bir seviyeye geldiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçit drenaj sistemi ilk planda yerçekimi sistemiyle yağmur suyu tahliyesi edecek ve ikinci planda ise fazla gelen yağmur suyunu mekanik pompa sistemi ile uzaklaştırması sonucunda yüzeysel akışın aniden yükselmesine sebep olarak taşkın ve sel riskinin artması sonucu yağmur suyunun kontrol altına alınabileceği tespit edilmiştir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

#### ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın

Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Yazar 1: Kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, analiz, yazma-inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu. Yazar 2: Yazma-orijinal taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi ve görselleştirme.

## KAYNAKLAR

- [1] NHTSA, "Fatality Analysis Reporting System Coding Validation Manual," 2007. [Online]. Available: <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/FARS07CVMan.pdf>.
- [2] Ş. Gündüz, "Diyarbakır'da Sağanak Hayatı Olumsuz Etkiledi," 3 5 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.aa.com.tr/tr/pg/foto-galeri/diyarbakirda-saganak-hayati-olumsuz-etkiledi/146>. [Erişildi: 18 9 2022].
- [3] D. Begley, Officials pledge action after flooded roadway deaths for barricade plan, Houston, Chronicle, 2016.
- [4] MHURD, *Design code for stormwater storing and discharging for underpass road.*, Beijing: Beijing municipal commission of planning and natural resources, City of Beijing, China, 2014.
- [5] V. Gezder, *Kentiçi Yolların Yüzeysel Drenajı ve Erzurum örneği, Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [6] H. İ. Değer, *Generating Rainfall Intensity- Duration- Frequency Curves Of Southeastern And Eastern Medeterranean Regions Of Turkey*, Gaziantep: Hasan Kalyoncu university, Graduate School Of Natural And Applied Sciences, 2019.
- [7] L. A. Rossman, "User's Manual," in *Storm Water Manangement Model*, 5.1 ed., Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, 2017.
- [8] "USDCM-Urban Strom Drainage Criteria Manuel," Denver, CO, 2010. [Çevrimiçi]. Available: <https://udfcd.org/home/criteria-manuel>. [Erişildi: 11 09 2022].
- [9] J. E. Gilley and S. S. Finker, "Hydraluic Roughness Coefficients As Affected By Random Rouhghness," in *Transaction Of The ASAE*, Michigan, elibrary.asabe.org, 1991, pp. 34(3), 897-0903.
- [10] R. H. McCuen, P. A. Johnson and R. M. Regan, "Effects Of Basin Characteristics On Runoff," in *Higway Hydrology*, vol. 2, Washington, Federal Highway Administration, 1997, pp. 2-15.
- [11] Guo, James C.Y; Li, Jun Qi; Urbans, Ben; Wang, Wen Liang;, "Runoff Capture Methods Developed For Stromwater Low-Impact-Development Desingsn.," *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 24, no. 4, April 2019.
- [12] J. C. Guo, J. Q. Li and W. L. Wang, "Hybrid Drainage Design for Highway," *Journal of Irrigation and Drainage*, vol. 24, no. 4, 2020.

- [13] CDOT, «Drainage Design Manuel Publised by the Colorado of Transportation,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.codot.gov/programs/environmental/water-quality>.
- [14] K. Küçükağtaş, Selçuk Üniversitesi Kampüsü'nde Kaldırım-Yaya Yolu Tasarımları İle Kot Farkı Çözümlerinin Fiziksel Engelli Erişimi Açısından İrdelenmesi, Konya: Kesit Akademi Dergisi, 2017.
- [15] “EPA SWMM Education,” U.S. Environmental Protection Agency, [Çevrimiçi]. Available: EPA.gov. [Erişildi: 10 9 2022].

*Copyright © 2023 Fidan and Bağatur. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).*



*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa İlleri Pamuk Üretim Alanlarında *Geocoris* Türlerinin (Hemiptera: Geocoridae) Belirlenmesi**

*Determination of *Geocoris* Species (Hemiptera: Geocoridae) in Cotton Production Areas of Diyarbakır, Mardin and Şanlıurfa Provinces*

Merve AKYILDIZ<sup>1</sup> , Erol BAYHAN<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1278112>

**MAKALE BİLGİSİ**

**Makale Tarihi**

*Alınış, 06 Nisan 2023*

*Revize, 23 Mayıs 2023*

*Kabul, 08 Haziran 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

**Anahtar Kelimeler**

*Pamuk, *Geocoris* spp.,*

*Güneydoğu Anadolu Bölgesi,*

*Avcı böcek*

**ÖZ**

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin en önemli pamuk üretim bölgesi durumunda olup, sulamaya açılan alanların artmasıyla birlikte özellikle son yıllarda bitki koruma sorunlarının çözümü için kimyasal ilaçların bilinçsiz kullanımı zararlı türler ile mücadelede önemli bir yere sahip olan faydalı böcek popülasyonlarını tehlike altına sokmaktadır. *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae) kırmızıörümcek, thrips, yaprakbiti gibi zararlılar ile beslenebilen etkili bir doğal düşmandır. Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illeri pamuk ekim alanlarında 2021 ve 2022 yıllarında toplanan Geocoridae familyasına ait *Geocoris* türlerinin belirlenmesi amacıyla iki haftalık periyotlarla arazi çıkışları gerçekleştirilerek D-Vac ile örnekleme yapılmıştır. Toplanan örneklerden 2021 yılında 7 tür 2022 yılında ise 6 tür elde edilmiştir. Bu türler *Geocoris* (*Geocoris*) *megacephalus* (Rossi, 1790), *Geocoris* (*Geocoris*) *punctipes* (Say, 1831), *Geocoris* (*Geocoris*) *pubescens* (Jakovlev, 1871), *Geocoris* (*Geocoris*) *pallidipennis* (Costa, 1843), *Geocoris* (*Piocoris*) *erythrocephalus* (Lepeletier & Serville, 1825), *Geocoris* (*Piocoris*) *putonianus* (Bergroth, 1892) ve *Geocoris* (*Geocoris*) *arenarius* (Jakovlev, 1867) olarak tespit edilmiştir.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [merve.akyildiz@tarimorman.gov.tr](mailto:merve.akyildiz@tarimorman.gov.tr) (Merve AKYILDIZ), [ebayhan@dicle.edu.tr](mailto:ebayhan@dicle.edu.tr) (Erol

BAYHAN)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 06 April 2023

Revised, 23 May 2023

Accepted, 08 June 2023

Available Online, 01 October 2023

### Keywords

Cotton, *Geocoris* spp.,  
Southeast Anatolia Region,  
Predator

## ABSTRACT

The Southeastern Anatolia Region is the most important cotton production region of Turkey, and with the increase in the areas opened for irrigation, the unconscious use of chemical pesticides for the solution of plant protection problems, especially in recent years, puts beneficial insect populations, which have an important place in the fight against harmful species in danger. *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae) is an effective natural enemy that can feed on pests such as spider mites, thrips and aphids. In the study, two-week periods of D-Vac were used to determine *Geocoris* species in the cotton cultivation areas of Diyarbakır, Şanlıurfa and Mardin. From the collected samples, 7 species were obtained in 2021 and 6 species in 2022. These species are; *Geocoris* (*Geocoris*) *megacephalus* (Rossi, 1790), *Geocoris* (*Geocoris*) *punctipes* (Say, 1831), *Geocoris* (*Geocoris*) *pubescens* (Jakovlev, 1871), *Geocoris* (*Geocoris*) *pallidipennis* (Costa, 1843), *Geocoris* (*Piocoris*) *erythrocephalus* (Lepeletier & Serville, 1825), *Geocoris* (*Piocoris*) *putonianus* (Bergroth, 1892), and *Geocoris* (*Geocoris*) *arenarius* (Jakovlev, 1867).

## 1. GİRİŞ

Ebegümeçigiller (Malvaceae) ailesinin önemli bir üyesi olan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisi, ılıman ve tropik bölgelerdeki 100'e yakın ülkede yaygın olarak yetiştirilen en önemli lif bitkilerinden biridir [1]. Üretim ve tüketim açılarından, dünya genelinde 68 ülkenin doğrudan ilgi alanında olan bir endüstri bitkisidir. Uluslararası Pamuk İstişare Komitesi (ICAC)'nin verilerine göre; 2019-2020 sezonunda dünyada 33,7 milyon hektar alanda pamuk ekimi gerçekleşmiş ve yaklaşık 26 milyon ton lif pamuk üretilmiştir [2]. Türkiye, pamuk üretim miktarı yönünden bakıldığında dünyada altıncı, pamuk ekim alanında 11. ve birim alandan elde edilen lif verimi bakımından ikinci, ithalatında ise altıncı ülke konumundadır [2]. Türkiye'de üretilen toplam pamuk üretiminin yaklaşık %55'i Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmekte olup, bu bölgeden sonra ise sırasıyla; Çukurova (%22) ve Ege (%22) bölgeleri takip etmiştir [3]. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri 2020 yılı ekim alanları sırasıyla 1.287.469 da, 403.830 da ve 74.419 da, üretim miktarları ise 567.251 ton, 217.642 ton ve 39.747 ton olup, 2021 yılında ise ekim alanları sırasıyla 1.834.608 da, 552.467 da, 59.541 da ve üretim miktarları 892.906 ton, 309.229 ton ve 32.712 ton olmuştur [4].

Ülkemizde önemli bir endüstri bitkisi olan pamukta ekimden hasata kadar çeşitli hastalık ve zararlıların saldırısı sonucunda, oldukça fazla sayıda çiçek tomurcuğu, tepe sürgünü ve olgunlaşmamış koza zarar görmekte ve bunun sonucunda verim kayıpları meydana gelmektedir [5]. Özellikle zararlıların mücadelesinde pestisitlerin bilinçsiz kullanımı mevcut doğal denge unsurlarından biri olan faydalı böcek popülasyonlarını tehlike altına sokmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde pamuk

yetiştirilen alanlarda yapılan çalışmalarda entegre mücadele programlarında yer alan zararlıların bir çok doğal düşmanlarının olduğu bilinmektedir. Bu doğal düşmanlar pamuk ekosistemlerindeki zararlıları kontrol etmek için biyolojik mücadele etmenleri olarak önemli bir rol oynamaktadır. Aynı şekilde bölgemizde de pamuk ekim alanlarında görülen zararlıların birçok doğal düşmanı bulunmaktadır. Diyarbakır ili Bismil ilçesinde 1993 yılında Pamuk çizgili yaprakkurdu [*Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)]'nın doğal düşmanları ve popülasyon yoğunluğunu belirlemek için yürütülen bir çalışmada *S. exigua*'nın predatörü olarak *Geocoris pallidipennis* (Costa, 1843) (Hemiptera: Geocoridae) türü belirlenmiştir [6]. Yine bölgede yapılan farklı çalışmalarda pamuk ekiliş alanlarında yaygın olarak *Geocoris* gibi predatör türlerin bulunduğu bildirilmiştir [7]. Şanlıurfa ili pamuk tarlalarında yürütülen bir çalışmada ise *G. megacephalus* (Rossi, 1790) (Hemiptera: Geocoridae) ve *G. (Piocoris) putonianus* (Bergroth, 1892) (Hemiptera: Geocoridae) türlerinin *Thrips tabaci* (Lindeman) (Thysanoptera: Thripidae) ve diğer emici böceklerle beslendikleri bildirilmiştir [8]. Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illeri domates alanlarında yürütülen başka bir çalışmada ise bu alanlarda bulunan avcı böceklerden *G. megacephalus* türünün Domates güvesinin [*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelchiidae)] predatörü olduğunu bildirmişlerdir [9].

Büyük gözlü böcekler olarak bilinen *Geocoris*'ler dünyanın birçok yerinde görülen predatör böceklerdir. Vücut uzunlukları 3-4 mm uzunluğunda olup, sokucu emici ağız yapısına sahiptirler. Antenler nispeten kısa ve 4 segmentlidir. Yaprak veya gövde üzerine tek tek bırakılan yumurtalar yaklaşık bir hafta içinde açılmaktadır. Bir dişi hayatı boyunca 300 kadar yumurta bırakabilir. Beş nimf dönemi geçirirler. *Geocoris*'ler, kendilerinden daha küçük olan çoğu lepidopter zararlılarının [pamuk yaprakkurdu (*Spodoptera littoralis*), pembekurt (*Pectinophora gossypiella*), yeşilkurt (*Helicoverpa armigera*)] yumurta ve küçük larvaları ile beslenirler [10].

Pamuk yetiştiriciliğinde bazı önemli zararlılara karşı etkili bir biyolojik mücadele çalışmasının yürütülebilmesi için ele alınan bu çalışmada doğada var olan ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde pamuk yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahip olan Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa illeri pamuk alanlarında bulunan *Geocoris* türlerinin ortaya çıkarılması ve entegre mücadele çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada materyal olarak, pamuk ekim alanlarında bulunan *Geocoris* türleri ile çeşitli laboratuvar malzemeleri kullanılmıştır.

2021 yılında Diyarbakır (Çınar, Bismil, Sur, Ergani ve Yenişehir ilçeleri), Şanlıurfa (Siverek, Hilvan, Haliliye, Akçakale, Eyyubiye ve Viranşehir ilçeleri) ve Mardin (Derik ve Kızıltepe ilçeleri),



2022 yılında ise Diyarbakır (Çınar, Bismil, Sur, Ergani ve Yenişehir ilçeleri), Şanlıurfa (Siverek, Hilvan, Haliliye, Akçakale, Eyyubiye ve Harran ilçeleri) ve Mardin (Derik ve Kızıltepe ilçeleri) illeri pamuk ekim alanlarında bölgeyi temsil edecek şekilde 2 haftalık periyotlarla vakumlu böcek toplama aleti (D-Vac) ile örnekleme yapılmıştır [11].

Çalışmalara pamuk ekiminin yapıldığı pamuk bitkisinin 2-4 yapraklı olduğu temel gelişme dönemi ile birlikte başlanıp, pamuk hasadına kadar belirtilen lokasyonlarda arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu örnekleme alanını temsil edecek şekilde tarlanın 20–25 m içerisinde ve tarlanın köşegenler doğrultusunda başlamak suretiyle, 3 farklı noktadan alınmak üzere, sıra üzeri yürüyerek 2’şer dakika boyunca D-Vac ile çekim yapılmıştır. D-Vac’ta her örnekleme için 30 cm genişlik ve 45 cm uzunlukta ağzı lastikli bir tül torba kullanılmıştır. Tül torba içerisinde etiketlenip laboratuvara getirilen bu örnekler içerisinde *Geocoris* türleri ağız aspiratörü ile alınarak plastik bir kap içerisinde ölmeleri için dondurucuya alınmıştır. Daha sonra dondurucudan çıkartılan örnekler teşhise uygun bir şekilde etiketlenerek hazır hale getirilmiş ve tür teşhisleri için konu uzmanına gönderilmiştir. Ayrıca çalışmada elde edilen bireyler içerisinde türlerin bulunma oranlarının toplanan ergin bireylere oranlanması ile önemli tür belirlenmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada 2021 ve 2022 yıllarında Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illeri pamuk ekim alanları, bölgeyi temsil edecek şekilde %0,1’den az olmamak üzere iki haftalık periyotlarla araştırılmıştır [12]. Yapılan bu arazi çalışmalarına ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

2021 yılında Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerinde 14.718 da alanda yapılan arazi incelemelerden 6.115 da alanda örnekleme gerçekleştirilmiştir. 2022 yılında ise 13.602 da alanda gerçekleştirilen incelemeler ile 6. 800 da alanda örnekleme yapılmıştır. Şanlıurfa ilinde 2021 yılında Viranşehir ilçesinde, 2022 yılında ise Harran ilçesinde arazi çalışmaları gerçekleştirilerek örnekleme yapılmıştır.

Araştırma sonucunda 2021 yılında Lygaeoidea üst familyasına bağlı Geocoridae familyası Geocorinae alt familyasından *Geocoris* cinsine ait 7 tür tespit edilmiştir. Yapılan bu arazi çalışmalarında elde edilen bireylerin teşhis sonuçlarına göre; önemli türün belirlenmesinde türlerin bulunma oranlarının toplanan ergin bireylere oranlanması ile 2021 yılında; %44 oranında *Geocoris* (*Geocoris*) *megacephalus* (Rossi, 1790), %20 *Geocoris punctipes* (Say, 1831), %18 *Geocoris pubescens* (Jakovlev, 1871), %6 *Geocoris pallidipennis* (Costa, 1843), %6 *Geocoris* (*Piocoris*) *erythrocephalus* (Lepelletier & Serville, 1825), %3 *Geocoris* (*Piocoris*) *putonianus* (Bergroth, 1892) ve %3 *Geocoris arenarius* (Jakovlev, 1867) türleri belirlenmiştir. Söz konusu bu türler Heteroptera

takımına bağlı Geocoridae familyasının *Geocoris* cinsine ait olup, çalışmanın yürütüldüğü ilçelerde tespit edilen Geocoridae familyası türleri bulunma yüzdeleri Tablo 2’de verilmiştir. 2022 yılında ise yürütülen çalışmalarda ise 6 tür tespit edilmiş olup bu türlerin bulunma yüzdeleri Tablo 3’te verilmiştir. Buna göre, %48, %20, %17, %10, %3 ve %2 bulunma oranlarıyla sırasıyla *G. megacephalus*, *G. punctipes*, *G. pubescens*, *G. putonianus*, *G. erythrocephalus* ve *G. pallidipennis* türleri tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin İlleri 2021 ve 2022 Yıllarına ait Pamuk Ekim Alanlarında Yapılan Örnekleme Alan (da) ve Sayıları (adet)

İl	İlçe	2021 Yılı			2022 Yılı		
		Ünite Alanı	Örnekleme Alan (da)	Sayıları (Adet)	Ünite Alanı	Örnekleme Alan (da)	Sayıları (Adet)
Diyarbakır	Çınar	3495	1700	48	3600	1810	34
	Ergani	135	75	3	910	360	6
	Bismil	2045	580	20	330	160	8
	Yenişehir	180	80	2	40	40	1
	Sur	555	250	5	205	130	3
Toplam		6410	2685	78	5085	2500	52
Şanlıurfa	Haliliye	615	375	14	917	439	11
	Siverek	1130	250	5	1470	600	8
	Akçakale	180	180	21	268	188	9
	Harran				571	291	5
	Eyyübiye	340	240	6	1216	522	11
	Hilvan	1550	675	14	255	190	4
	Viranşehir	123	50	1			
Toplam		3938	1770	61	4697	2230	48
Mardin	Derik	1295	760	16	1895	1155	22
	Kızıltepe	3075	900	23	1925	915	13
Toplam		4370	1360	39	3820	2070	35

**Tablo 2.** Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin İlleri 2021 Yılı Pamuk Ekim Alanlarında Geocoridae Familyası Türleri Bulunma Yüzdeleri

İl	İlçe	2021						
		<i>Geocoris megacephalus</i>	<i>Geocoris punctipes</i>	<i>Geocoris pubescens</i>	<i>Geocoris erythrocephalus</i>	<i>Geocoris pallidipennis</i>	<i>Geocoris arenarius</i>	<i>Geocoris putonianus</i>
Diyarbakır	Çınar	7	3,5	4,5	4	-	3	-
	Ergani	1	1	2,5	2	-	-	-
	Bismil	2	1,5	-	-	-	-	-
	Yenişehir	-	-	-	-	-	-	-
	Sur	2	-	1	-	-	-	-
Şanlıurfa	Haliliye	4,5	2	-	-	-	-	-
	Siverek	-	-	-	-	-	-	-
	Akçakale	5,5	3	-	-	-	-	-
	Eyyübiye	-	-	-	-	-	-	-
	Hilvan	-	-	-	-	-	-	-
	Viranşehir	-	-	-	-	-	-	-
Mardin	Derik	8	3	4	-	2	-	1
	Kızıltepe	14	6	6	-	4	-	2
Toplam		44	20	18	6	6	3	3

**Tablo 3.** Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin İlleri 2022 Yılı Pamuk Ekim Alanlarında Geocoridae Familyası Türleri Bulunma Yüzdeleri

İl	İlçe	2022						
		<i>Geocoris megacephalus</i>	<i>Geocoris punctipes</i>	<i>Geocoris pubescens</i>	<i>Geocoris erythrocephalus</i>	<i>Geocoris pallidipennis</i>	<i>Geocoris arenarius</i>	<i>Geocoris putonianus</i>
Diyarbakır	Çınar	4	3	2	1	1	-	2
	Ergani	2	-	-	2	-	-	-
	Bismil	-	2	-	-	-	-	-
	Yenişehir	-	-	-	-	-	-	-
	Sur	-	-	-	-	-	-	-
Şanlıurfa	Haliliye	2	2	-	-	-	-	-
	Siverek	-	2	-	-	-	-	-
	Akçakale	5	-	-	-	-	-	-
	Eyyübiye	5	-	-	-	-	-	-
	Hilvan	5	-	-	-	-	-	-
	Harran	-	1	-	-	-	-	-
Mardin	Derik	15	-	9	-	-	-	2
	Kızıltepe	10	10	6	-	1	-	6
Toplam		48	20	17	3	2	-	10

Her iki yılda yürütülen çalışmalarda elde edilen *Geocoris* türlerinden *G. megacephalus* ve *G. punctipes* ve *G. pubescens* türleri diğer türlere göre daha yaygın türler olarak dikkati çekmiştir. Bölgemizde özellikle türlerin bulunma oranlarına bakıldığında ise *G. megacephalus* önemli avcı böcek olarak tespit edilmiştir. Saha çalışmaları sırasında yapılan gözlemler söz konusu predatör böceğin farklı kültür bitkilerinde de görüldüğü ve diğer türlere oranla daha iri ve aktif olduğu bu nedenle daha yaygın olduğu düşünülmektedir.

Türkiye Geocorinae alt familyası üzerine yürütülen sistematik ve faunistik çalışmalarda *Piocoris* cinsine ait 2 tür, *Geocoris* cinsine ait ise 6 türün Türkiye'deki varlığı saptanmıştır [13]. Pakistan, İran, Hindistan, Meksika ve diğer ülkeler olmak üzere dünya üzerinde *Geocoris* cinsine ait 240 tür bulunduğu belirtilmiştir [14]. Elazığ ilinde sebze meyve alanlarında Heteroptera takımına ait türlerin belirlenmesine yönelik yürütülen çalışmada ise *G. megacephalus* ve *G. pubescens* türlerinin Elazığ ili için ilk kayıt olduğu ve bunlar dışında *G. putonianus*, *G. luridus*, *G. erythrocephalus* türlerinin bulunduğu da tespit edilmiştir [15]. Çukurova yöresindeki Balcalı ve Hacılı bölgesi pamuk ekim alanlarında 1991 yılında yürütülen çalışmada Pamuk Beyazsineğinin popülasyon değişimi ve predatör böcekler arasındaki ilişkinin incelenmesiyle bu alanlarda zararlı popülasyonun artmasıyla *G. pallidipennis*, *G. ater*, *G. arenarius* ve *G. erythrocephalus* gibi predatör türlerinde yoğunluğunun arttığı belirlenmiştir [16]. Harran Ovası pamuk ekim alanlarında predatör türlerin varlığını saptamaya yönelik yürütülen başka bir çalışmada *G. megacephalus* ve *Piocoris sp.*'nin bulunduğu bildirilmiştir [17]. Adana'da Balcalı bölgesinde pamuk alanında 2017-2018 yıllarında yürütülen çalışmada ise *G. arenarius*, *G. erythrocephalus* gibi doğal düşmanlarının da içinde olduğu Hemiptera, Coleoptera, Neuroptera ve Aranea takımlarında toplam 16 tür teşhis edilmiştir [18]. Diyarbakır, Mardin ve

Şanlıurfa illeri pamuk alanlarında 2021 ve 2022 yıllarında yürütülen bu çalışmada saptanan *G. megacephalus*, *G. pubescens*, *G. putonianus*, *G. erythrocephalus* ve *G. arenarius* gibi türler önceki çalışmalarda saptanan türler ile benzerlik göstermektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerindeki Geocoridae familyası türleri belirlenmiştir. 2021 ve 2022 yıllarında yürütülen bu çalışma ile 2021 yılında 7 tür, 2022 yılında ise 6 tür tespit edilmiştir. Önemli türün belirlenmesinde türlerin bulunma oranları toplanan ergin bireylere oranlanması ile; 2021 yılında %44 oranında *G. megacephalus*, %20 oranında *G. punctipes*, %18 oranında *G. pubescens*, %6 oranında *G. pallidipennis*, %6 oranında *G. erythrocephalus* %3 oranında *G. putonianus* ve %3 oranında *G. arenarius* türleri belirlenmiştir. 2022 yılında ise %48 oranında *G. megacephalus*, %20 oranında *G. punctipes*, %17 oranında *G. pubescens*, %10 oranında *G. putonianus*, %3 oranında *G. erythrocephalus* ve %2 oranında *G. pallidipennis* türleri tespit edilmiştir. 2022 yılında gerçekleştirilen incelemelerde *G. arenarius* türüne rastlanmamıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde pamuk üretiminin en yoğun yapıldığı Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerinde 2021 ve 2022 yıllarında *G. megacephalus*'un en yaygın tür olduğu belirlenmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma “Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa İlleri Pamuk Üretim Alanlarında *Geocoris* Türleri Hemiptera: Geocoridae) ile Önemli Türün Laboratuvar Koşullarında Biyolojik Özelliklerinin ve Bazı İnsektisitlerin Yan Etkilerinin Belirlenmesi” adlı Doktora tezinin bir bölümü olup, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklendiği (Proje No: TAGEM/BSAD/A/23/A2/P2/5715) için teşekkür ederiz. Tür teşhisi çalışmalarını yapan konu uzmanı Dr. Gülten YAZICI (Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara)'ya teşekkür ederiz.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

#### ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın

Etğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Merve AKYILDIZ: Literatür taramaları, örneklerin toplanması, derlemesi ve teşhise hazır hale getirilmesi, makale yazımı. Erol BAYHAN: Çalışmanın yönetimi ve planlaması, literatür taramaları, derlemesi, makale yazımı.

## KAYNAKLAR

- [1] Tokel D, “Dünya pamuk tarımı ve ekonomiye katkısı.” *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, c. 10, sayı. 2, ss. 1022-1037.
- [2] Anonim, “Ticaret Bakanlığı Esnaf Sanatkarlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü Pamuk Raporu.” (Erişim Tarihi: 22 Aralık 2022).
- [3] T. Özudoğru, “Pamuk durum ve tahmin 2011-2012, tarımsal ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü, yayınlar durum tahmin raporları. ”Tepge Yayın, No: 19.
- [4] Anonim, “Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim Verileri. ” (Erişim Tarihi. 22 Aralık 2022).
- [5] Çopul S., İ. Gençsoylu, “ Aydın İli İkinci Ürün Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Farklı Azot Dozlarının Sokucu Emicilerin ve Doğal Düşmanların Popülasyonları Üzerine Etkileri.” *ADÜ Ziraat Derg.*, c. 17, sayı. 2, ss. 281-289, 2020.
- [6] Göven M. A, L. Efil, “Dicle vadisinde yeşilkurt’ un doğal düşmanları ve etkinlikleri üzerinde araştırmalar.” Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994.
- [7] Bayhan E., A. Sağır, F. N. Uygur, S. Ö. Bayhan, S. Eren , Y. Bayram, “GAP Bölgesi pamuk alanlarındaki bitki koruma sorunlarının belirlenmesi.” *Türkiye Entomoloji Bülteni*, c. 5, sayı. 3, ss. 135-146, 2015.
- [8] L. Efil, E. Atakan, H. Karahan, “Pamuk Tarlasında Erken Dönemde *Thrips Tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae)’ye Karşı Kullanılan Pestisitlerin Predatör Böceklerin Populasyonlarına Etkilerinin Araştırılması.” *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. c. 14, sayı. 2, ss. 1-8, 2010.
- [9] Y. Bayram, Ö. Bektaş, M. Büyük, N. Bayram, M. Duman, Ç. Mutlu, “Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde domates güvesi [(*Tuta absoluta* Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)] ve doğal düşmanlarının surveyi. ” *Turkish Journal of Biological Control.*, c. 5, sayı. 2, ss. 99–110, 2016.
- [10] *Geocoris* spp.(Heteroptera: Lygaeidae) Bigeyed Bug. <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/Geocoris.php>. (Erişim Tarihi: 25 Ocak 2023)
- [11] Y. Subaşı, Iğdır’da Yonca Tohum Kalsidi, *Bruchophagus roddi* Gussakovskiy, 1933 (Hymenoptera: Eurytomidae)’nin Yoncadaki Zararı, Popülasyon Değişimi Ve Alternatif Konukçularının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, 2019.
- [12] T. Bora, İ. Karaca, “Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın Ölçülmesi.” Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 167, E.Ü. Mat., Bornova-İzmir, s.8, 1960.

- [13] S. Çakır, F. Önder, Türkiye Geocorinae (Het.: Lygaeidae) alt familyası üzerinde sistematik ve faunistik araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, c. 14, sayı.1, ss.37-52. 1990
- [14] S. V. Joseph, "The potential role of heteropteran predators, *Geocoris punctipes* (Say), *G. uliginosus* (Say) (Geocoridae) and *Orius insidiosus* (Say) (Anthocoridae) in warm season turfgrass. "A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree, GA: University of Georgia Athens, 2006.
- [15] B. Çerçi, İ.Özgen, "Contribution to the Knowledge of Heteroptera (Hemiptera) Fauna of Elazığ Province with a New Record for the Fauna of Turkey ."
- [16] M. Gavami, A. F. Özgür, " Pamuk Tarlasında Zararlıların Popülasyon Gelişmesi ve Değişik Predatörlerle İlişkisinin Saptanması. Türkiye II. Entomoloji Kongresi, s. 327-337, 28-31 Ocak 1992.
- [17] M. Mamay, A. Yücel, "Harran Ovası pamuk ekim alanlarında zararlı olan *Bemisia* spp (Homoptera: Aleyrodidae)'nin popülasyon gelişimi ve doğal düşmanlarının belirlenmesi." GAP 4. Tarım Kongresi, s. 299-304, 21-23 Eylül 2005.
- [18] A. Kaya, E. Atakan, "Adana İlinde pamukta zararlı Çiğit emici böceği, *Oxycarenus hyalinipennis* (Costa) (Hemiptera: Lygaeidae) ile birlikte saptanan avcı arthropoda türleri ve popülasyon değişimleri." *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, c.13, sayı. 1, ss. 12-24, 2022.



*Araştırma Makalesi / Research Article*


## **Çok Modlu Çalışan Tek Fazlı Matris Dönüştürücünün Giriş Harmoniklerinin Azaltılması**

*Reducing Input Harmonics of Single Phase Matrix Converter Operating in Multimode*

Merve ERTARĞIN<sup>1,\*</sup> , Ahmet ORHAN<sup>2</sup> , Abuzer ÇALIŞKAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 62000, Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23000, Elazığ, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1271821>

### **MAKALE BİLGİSİ**

#### **Makale Tarihi**

*Alınış, 27 Mart 2023*

*Revize, 31 Mayıs 2023*

*Kabul, 09 Haziran 2023*

*Online Yayınlama, 01 Ekim 2023*

#### **Anahtar Kelimeler**

*Tek fazlı matris dönüştürücü,  
Kontrollü doğrultucu, Frekans  
dönüştürücü, Toplam harmonik  
bozulma*

### **ARTICLE INFO**

#### **Article History**

*Received, 27 March 2023*

*Revised, 31 May 2023*

*Accepted, 09 June 2023*

*Available Online, 01 October 2023*

#### **Keywords**

*Single phase matrix converter,  
Controlled rectifier, Frequency  
changer, Total harmonic  
distortion.*

### **ÖZ**

Bu çalışmada, tek bir parametrenin değiştirilmesi ile hem doğrultucu hem de frekans dönüştürücü olarak çalıştırılabilen Tek Fazlı Matris Dönüştürücünün (TFMD), giriş akımındaki Toplam Harmonik Bozulmanın (THD) azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, MATLAB/Simulink'te modellenen TFMD'nin girişine bir alçak geçiren filtre eklenmiştir. Bu filtrenin eklenmesi ile doğrultucu modda ve frekans dönüştürücü modda giriş akımının THD'si, %5'in altına düşürülerek 519-1192 ve 1159-1995 IEEE standartlarına uygun hale getirilmiştir.

### **ABSTRACT**

The objective of this research was to mitigate the Total Harmonic Distortion (THD) present in the input current of a Single-Phase Matrix Converter (SPMC), which can function as both a rectifier and a frequency converter through the adjustment of a singular parameter. To accomplish this objective, a low-pass filter was integrated into the input of the SPMC that had been modeled in MATLAB/Simulink. As a result of the incorporation of this filter, the THD of the input current, both in rectifier and frequency converter modes, was reduced to below 5%. This outcome ensures that the SPMC aligns with the requirements set forth by the IEEE standard 519-1192 and 1159-1995.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [merveboydak@munzur.edu.tr](mailto:merveboydak@munzur.edu.tr) (Merve ERTARĞIN), [aorhan@firat.edu.tr](mailto:aorhan@firat.edu.tr) (Ahmet ORHAN),

[acaliskan@firat.edu.tr](mailto:acaliskan@firat.edu.tr) (Abuzer ÇALIŞKAN)

## 1. GİRİŞ

Güç elektroniği, transistörler, tristörler, diyotlar ve diğer elektronik devre elemanlarını kullanarak elektrik gücünün dönüştürülmesi ve kontrolü ile ilgilenen bir elektrik mühendisliği dalıdır. Güç üretimi, iletimi ve dağıtımı dâhil olmak üzere birçok endüstriyel uygulamanın yanı sıra motor kontrolü, yenilenebilir enerji ve elektrikli araçlarda kritik bir rol oynar.

Güç elektroniği, malzeme taşıma, pompalama ve hava sıkıştırma gibi çeşitli endüstriyel işlemlerde yaygın olarak kullanılan elektrik motorlarının hız ve momentini kontrol etmek için kullanılır. Güç elektroniği, çeşitli elektrikli ekipman ve makinelerin güç beslemesini düzenlemek için endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemlerinde de kullanılır. Genel olarak, güç elektroniği, birçok endüstriyel uygulama için gerekli bir teknolojidir ve verimliliği artırmaya, enerji tüketimini azaltmaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını mümkün kılmaya yardımcı olur. Endüstride, özellikle düşük kayıplı, yüksek güç faktörlü ve düşük harmonikli güç elektroniği sistemleri tercih edilmektedir.

Yapılarında bulunan çift yönlü anahtarlar, TFMD'lerin enerjiyi çift yönlü aktarmasına imkân sağlar. Bu dönüştürücüler, sinüoidal giriş ve çıkış dalga şekilleri, geleneksel AA/AA dönüştürücülerdeki DA bağlantıyı ortadan kaldırması ve böylece kompakt boyutlu oluşlarından dolayı son yıllarda giderek artan bir ilgi görmektedir. TFMD'ler anahtarlama stratejileri ayarlanarak frekans dönüştürücü [1-4], doğrultucu [5-7] ve çoklu modda [8-10] çalıştırılabilirler.

Sera gazı (GHG) emisyonları, genellikle enerji ihtiyaçları için fosil yakıtların yakılmasıyla ilişkilendirilen istenmeyen yan ürünlerdir. GHG emisyonlarından kaynaklanan iklim değişikliğinin şiddeti tehdit edici bir seviyeye ulaşmıştır [11]. Ulaştırma sektörü, çoğunlukla kentsel bölgelerde GHG emisyonları nedeniyle iklim değişikliğine sebep olan hava kirliliğine önemli bir etkidir. [12]. İçten yanmalı araçların elektrikli araçlar gibi yeni nesil araçlarla değiştirilmesi, kentsel sürdürülebilirliği öngörmek için umut verici bir adım gibi görünmektedir [11,12]. TFMD'lerin elektrikli araçlarda kablosuz enerji aktarımında kullanılmasına ilişkin yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur [13-15].

İndüksiyon ısıtma yüksek verimlilik, azaltılmış ısıtma süresi ve çevre dostu olma gibi avantajları nedeniyle ilgi görmeye başlamıştır [16]. İndüksiyonla ısıtma sistemleri, eritme, dövme, sertleştirme, lehimleme, kaynak gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve pişirme, kaynatma gibi evsel uygulamalarda kullanılmaktadır [17]. Geleneksel indüksiyonla ısıtma sistemleri yüksek frekanslı manyetik alan oluşturmak için AA'dan DA'ya ve ardından DA'dan yüksek frekanslı AA'ya olmak üzere iki aşamalı dönüşüm kullanır [16, 17]. Birim güç faktörüne ve sinüzoidal giriş akımına sahip doğrudan dönüştürücü ihtiyacı nedeniyle TFMD'lerin indüksiyonla ısıtma sistemlerinde kullanılması konusunda bazı çalışmalar yapılmıştır [16-19].



Birçok avantajları olan ve güncel konularda kullanım alanına sahip TFMD'lerin harmoniklerinin azaltılması önemli bir konu haline gelmiştir. Elektrikte harmonikler şu şekilde tanımlanır (IEEE 1159-1995): "Harmonikler, besleme sisteminin çalışmak üzere tasarlandığı frekansın tamsayı katları olan frekanslara sahip sinüzoidal gerilimler veya akımlardır". IEEE Standardı 519-1192 ve 1159-1995'e göre toplam harmonik bozulmanın %5'in altında olması gerekmektedir. TFMD'lerin giriş ve çıkış harmonik bozulmalarını azaltmak amacıyla alçak geçiren filtrelerden yararlanan bazı çalışmalar literatürde mevcuttur [20-24]. Alçak geçiren filtre, yüksek frekanslı sinyalleri zayıflatırken veya bloke ederken düşük frekanslı sinyallerin geçmesine izin veren filtre çeşididir. Elektronik devrelerde istenmeyen yüksek frekanslı gürültüyü gidermek veya gürültülü bir giriş sinyalinden düşük frekanslı sinyalleri çıkartmak için yaygın olarak kullanılır. Alçak geçiren bir filtrenin çalışması, kapasitif veya endüktif reaktans ilkesine dayanır. Filtre devresindeki bir kapasitör veya bir indüktör, frekansa bağlı bir direnç görevi görerek düşük frekanslı sinyallerin geçmesine izin verirken yüksek frekanslı sinyalleri bloke eder.

Zin *et al.* [20]'un çalışmalarında AA-AA dönüşümü yapan TFMD'nin, kapalı çevrim gerilim kontrolü ile giriş akımı ve çıkış geriliminin toplam harmonik bozulması azaltılmıştır. Bu çalışma girişte RL ve çıkışta LC filtre ile desteklenmiştir. Giriş akımının %THD'si %2,72'ye ve çıkış geriliminin %THD'si %3,29'a düşürülmüştür. Gerilim dönüştürme oranının ise yaklaşık olarak 1 olduğu görülmüştür. Nayak ve Mishra [21] ile Nayak *et al.* [22]'in çalışmalarında ise, AA-AA dönüşümü yapan TFMD'nin girişine LC filtre eklenerek ve kapalı çevrim akım kontrolü yapılarak, giriş ve çıkış harmonik değerleri incelenmiştir. Giriş akımının %THD değeri %1'in altına düşürülmüştür. Ancak girişte LC filtre olmasına ve kapalı çevrim akım kontrolü yapılmasına rağmen 50 Hz üstü çıkış frekanslarında çıkış geriliminin %THD'si %60'ın üzerindedir.

Baharom ve Hamzah [23]'ün çalışmasında, kontrollü doğrultucu modda çalıştırılan TFMD'nin girişine LC filtre eklenerek ve kapalı çevrim akım kontrolü yapılarak, giriş akımının %THD'si %4'ün altına düşürülmüştür. Megat Yunus ve Hamzah [24]'ün çalışmasında, kontrollü doğrultucu modda çalıştırılan TFMD'nin çıkışına LC filtre ve R sönümlenme direnci eklenerek giriş akımının %THD'si %18,09'a ve çıkış geriliminin %THD'si %8'e düşürülmüştür.

Bu çalışmada amaç, Boydak [10] tarafından geliştirilen sürücü devre sayesinde tek bir parametrenin değişimi ile frekans dönüştürücü ve doğrultucu modda çalıştırılan çok modlu TFMD'nin giriş harmoniklerini azaltmaktır. TFMD'nin girişine eklenen alçak geçiren RL filtre ile akım harmonikleri azaltılarak oluşacak piklerin önüne geçilmiştir. Ayrıca bu çalışmada giriş frekansının tam katı olmayan çıkış frekans değerleri incelenerek literatürdeki TFMD çalışmalarına katkı sağlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde TFMD'lerin avantajları ve bazı kullanım alanları üzerinde durulmuş ve TFMD'nin farklı modlarda giriş harmoniklerinin azaltılmasına ilişkin literatürdeki çalışmalara değinilmiştir. İkinci bölümde, TFMD'lerin çift yönlü anahtarlardan oluşan yapısı anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, SPWM tekniği açıklanmış ve bu teknik uygulandığında oluşacak anahtarlama sinyalleri verilmiştir. Dördüncü bölümde TFMD'lerdeki en büyük problem olan komutasyon probleminin neden olduğu ve nasıl önlenebileceği hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde TFMD'lerin kontrollü doğrultucu ve frekans dönüştürücü modda çalıştırılmasına ilişkin güvenli komutasyon stratejileri açıklanmıştır. Altıncı bölümde, beşinci bölümde açıklanan stratejilerin bileşiminden oluşan ve tek bir parametrelerinin değiştirilmesi ile her iki modda da çalıştırılabilen TFMD sürücü devresinin yapısı hakkında bilgiler sunulmuş ve girişe RL filtre eklenmesi ile gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapılan çalışmanın önemi ve literatüre katkısı vurgulanmıştır.

## 2. TEK FAZLI MATRİS DÖNÜŞTÜRÜCÜ

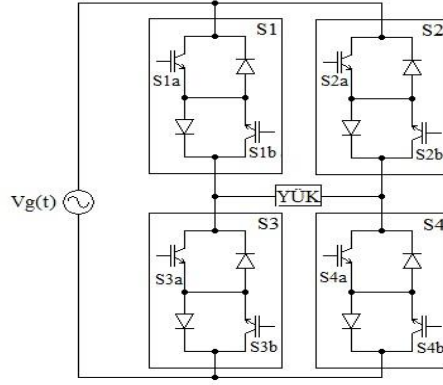
Tek fazlı matris dönüştürücü, tek fazlı bir AA gerilimi değişken genlik ve frekanslı bir AA gerilime dönüştürebilen güç elektroniği devresidir. TFMD'yi ilginç kılan, geleneksel AA-AA dönüştürücülerin aksine, bu dönüşümü gerçekleştirmek için büyük hacimli kapasitörler veya indüktörler gerektirmemesidir. Bunun yerine, AA giriş gerilimini doğrudan istenen çıkış gerilimine dönüştürmek için bir çift yönlü anahtar matrisi kullanır. Matris dönüştürücülerde, anahtarlama stratejileri kontrol edilerek, çıkış geriliminin hem genliği hem de frekansı ayarlanabilir ve bu TFMD'yi çeşitli uygulamalar için cazip hale getirir.

Genel olarak TFMD'ler, geleneksel AA-AA dönüştürücülere göre daha yüksek verimlilik, daha düşük maliyet, çıkış gerilimi ve frekans kontrolü açısından daha fazla esneklik dâhil olmak üzere bir dizi avantaj sunan önemli bir dönüştürücü yapısıdır.

Şekil 1'de 4 adet çift yönlü anahtar ile oluşturulan TFMD gösterilmiştir. Denklem 1 ve Denklem 2 TFMD'nin giriş gerilimini ve çıkış gerilimini vermektedir. Denklemlerde, giriş "g" indisi ile, çıkış "ç" indisi ile ifade edilmektedir.

$$V_g(t) = V_{gm} \sin(\omega_g t) \quad (1)$$

$$V_\ç(t) = V_{\ç m} \sin(\omega_\ç t) \quad (2)$$



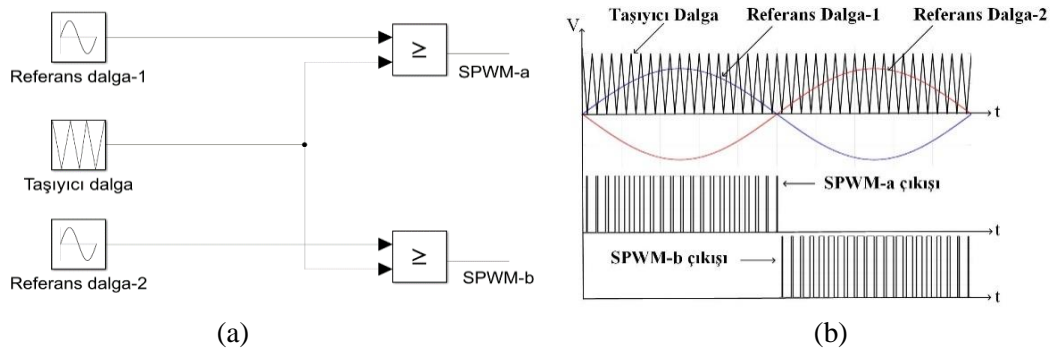
Şekil 1. Emiterleri ortak çift yönlü anahtarlar kullanılarak oluşturulan TFMD

### 3. SİNÜZOİDAL DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONU

SPWM tekniği, referans sinyal olan düşük frekanslı bir sinüs dalga ile taşıyıcı sinyal olan yüksek frekanslı bir üçgen dalganın karşılaştırılması ile uygulanır. Karşılaştırma sonucu oluşan kesişim noktaları anahtarlama anlarını belirler. Sinüzoidal sinyalin genliği  $V_r$ 'nin, üçgen sinyalin genliği  $V_t$ 'den büyük olduğu aralıklarda PWM çıkışı 1 olur, aksi durumda ise PWM çıkışı 0 olur. Denklem 3'te verildiği gibi,  $V_r$ 'nin  $V_t$ 'ye oranı modülasyon indeksini ( $M_i$ ) verir. Çıkış geriliminin genliği  $M_i$  değiştirilerek istenen değere ayarlanabilir.

$$M_i = \frac{V_r}{V_t} \quad (3)$$

Şekil 2 (a)'da SPWM tekniği uygulamak için oluşturulan Simulink modeli ve Şekil 2 (b)'de SPWM tekniği ile oluşturulan SPWM-a ve SPWM-b sinyalleri gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) SPWM sinyallerinin elde edilmesi için oluşturulan Simulink modeli (b) SPWM ile elde edilen anahtarlama sinyalleri

#### 4. KOMUTASYON PROBLEMİ

Komutasyon problemi, matris dönüştürücülerde anahtarlama anlarındaki zaman gecikmeleri nedeniyle ortaya çıkan bir problemdir. Bu zaman gecikmeleri, TFMD’lerde kullanılan güç anahtarlarının kesime girme süresinin iletme geçme süresinden daha uzun olmasından kaynaklanır. Bu durum, anahtarların aynı anda iletim durumunda olmasına yol açar ve indüktansta gerilim piklerinin indüklenmesine sebep olur. Sonuç olarak, matris devrelerinin çalışma verimliliğini düşürür ve güç kaybına neden olur. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla geliştirilen bir anahtarlama stratejisi ile iletim durumunda olan anahtarlar kesim durumuna geçtiğinde, kesim durumundaki anahtarlar iletim durumuna geçmeden, akım akışını komutasyon anahtarları  $t_d$  ölü zaman süresince devam ettirmektedir.

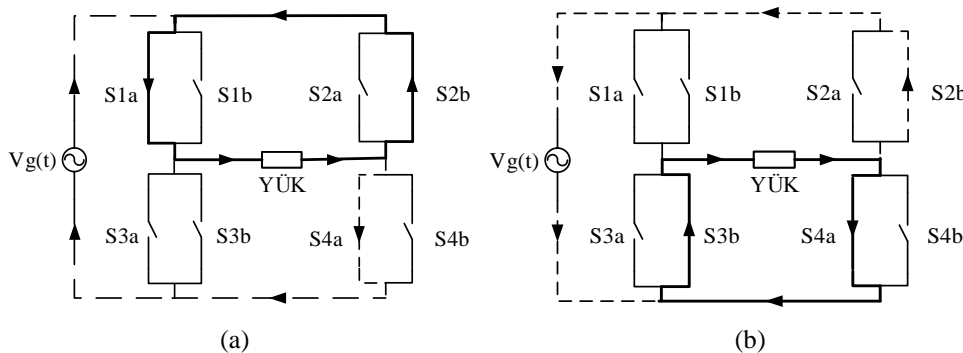
#### 5. MATERYAL VE METOT

##### 5.1 Tek Fazlı Matris Dönüştürücüyü Kontrollü Doğrultucu Modda Çalıştırmak için Uygulanan Güvenli Komutasyon Yöntemi

Doğrultucularda, çıkış geriliminin giriş geriliminden bağımsız olarak pozitif olması gerekmektedir. TFMD’de bunu sağlamak amacıyla, seçilen PWM ve komutasyon anahtarları Tablo 1’de, akımın akış yönleri ise Şekil 3’te gösterilmiştir [5]. Komutasyon anahtarlarına kare dalga uygulanmış böylece PWM çıkışı 0 olduğu durumda akım akışının devamlılığı sağlanmıştır.

**Tablo 1.** Kontrollü doğrultucu modunda iletimde olan PWM ve komutasyon anahtarları

Giriş gerilimi	Çıkış gerilimi	PWM anahtarı	Komutasyon anahtarı
+	+	S4a	S1a-S2b
-	+	S2b	S3b-S4a

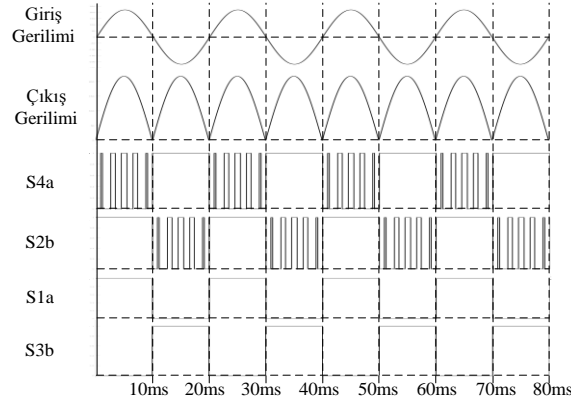


**Şekil 3.** Kontrollü doğrultucu (a) Pozitif alternans (b) Negatif alternans

Giriş gerilimi pozitif iken, pozitif bir çıkış gerilimi elde etmek amacıyla S1a-S4b anahtarları ile akım akışı sağlanmıştır. S4a anahtarı kesime girdiği durumda S1a-S2b anahtarları ile akım akışı sürdürülür.

Giriş gerilimi negatif iken, pozitif bir çıkış gerilimi elde etmek amacıyla S3b-S2b anahtarları ile akım akışı sağlanmıştır. S2b anahtarı kesime girdiği durumda S3b-S4a anahtarları ile akım akışı sürdürülür.

Şekil 4'te giriş gerilimi, çıkış gerilimi ve anahtarlara uygulanması gereken sinyaller gösterilmiştir.



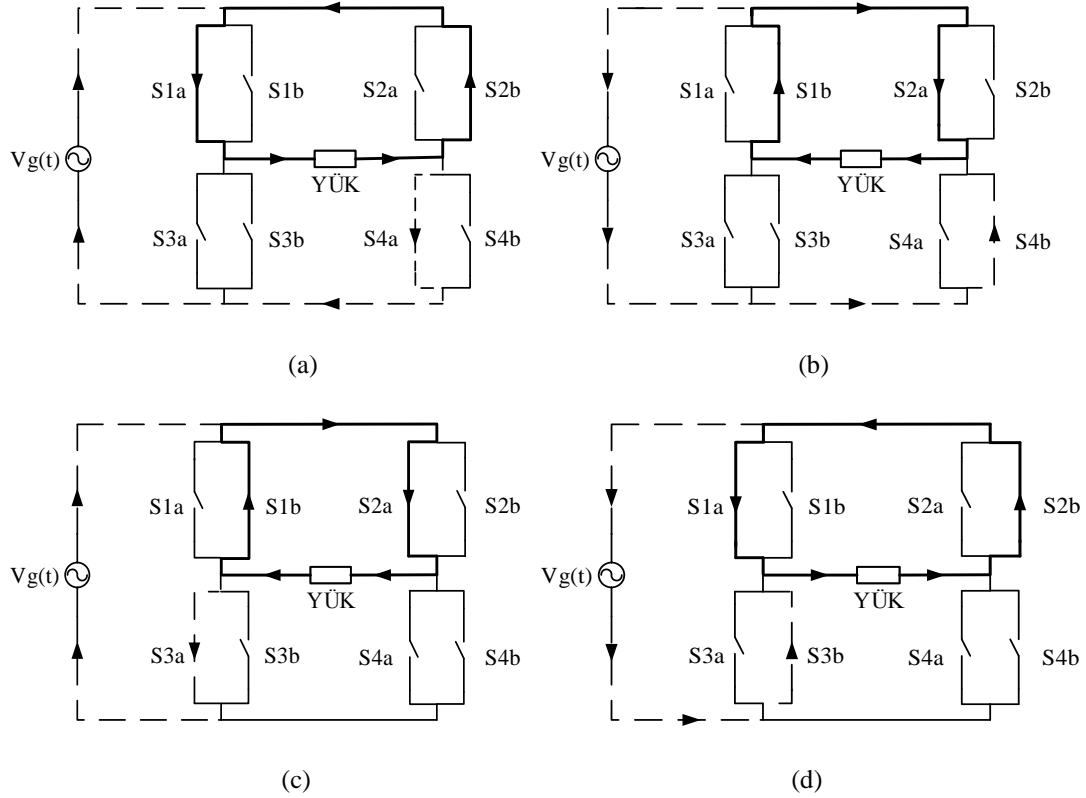
Şekil 4. Kontrollü doğrultucu için anahtarlama algoritması

## 5.2 Tek Fazlı Matris Dönüştürücüyü Frekans Dönüştürücü Modda Çalıştırmak için Uygulanan Güvenli Komutasyon Yöntemi

TFMD'yi güvenli komutasyon stratejisi ile frekans dönüştürücü modda çalıştırmak için seçilen PWM anahtarları ve komutasyon anahtarları her bir giriş ve çıkış gerilimi için Tablo 2'de verilmiş ve akım yönleri Şekil 5'te gösterilmiştir [2]. Burada çıkışta istenen frekans değeri, sürme devresindeki SPWM darbe üreticinin frekansı olarak girilmelidir.

Tablo 2. Frekans dönüştürücü modunda iletimde olan PWM ve komutasyon anahtarları

Giriş gerilimi	Çıkış gerilimi	Durumlar	PWM anahtarı	Komutasyon anahtarı
+	+	1	S4a	S1a-S2b
-	-	2	S4b	S1b-S2a
+	-	3	S3a	S1b-S2a
-	+	4	S3b	S1a-S2b

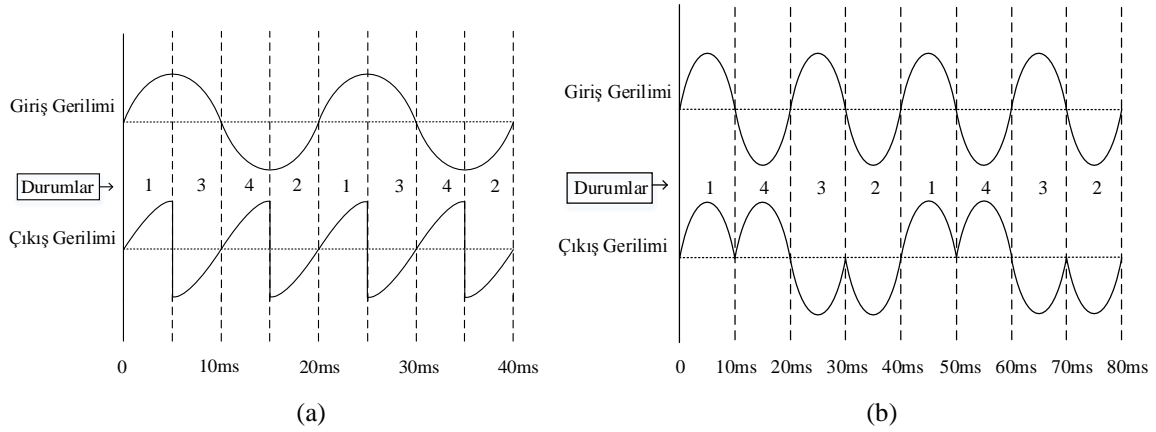


Şekil 5. Frekans dönüştürücü (a) Durum-1 (b) Durum-2 (c) Durum-3 (d) Durum-4

Buna göre,

- Giriş gerilimi (+) alternansta iken çıkış geriliminin (+) olması isteniyorsa Durum-1;
- Giriş gerilimi (-) alternansta iken çıkış geriliminin (-) olması isteniyorsa Durum-2;
- Giriş gerilimi (+) alternansta iken çıkış geriliminin (-) olması isteniyorsa Durum-3;
- Giriş gerilimi (-) alternansta iken çıkış geriliminin (+) olması isteniyorsa Durum-4'teki anahtarlar kullanılarak akım akışı sağlanmalıdır.

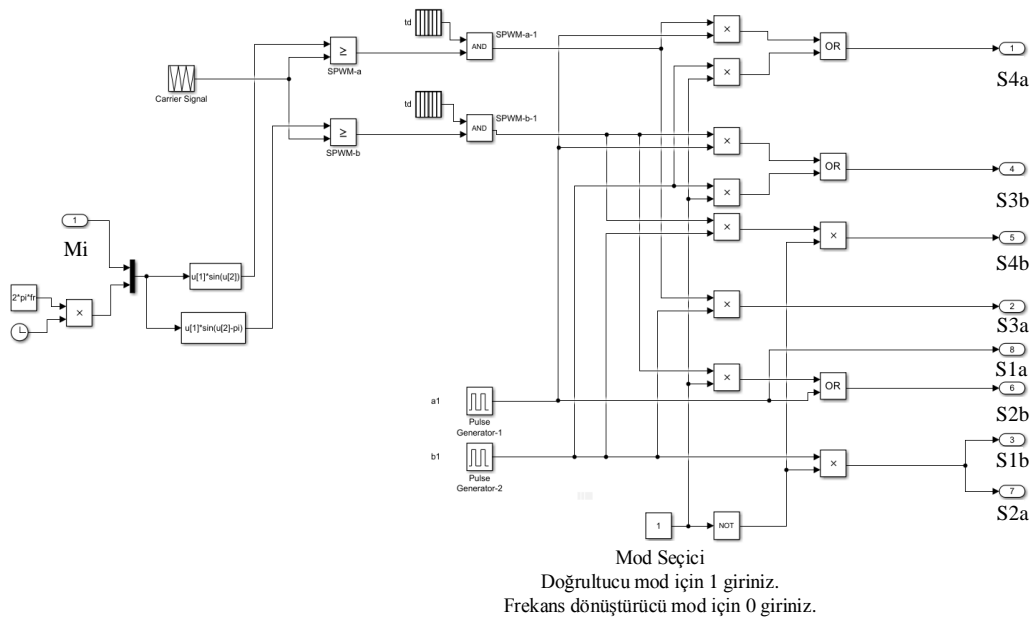
Şekil 6 (a)'da 50 Hz'lik giriş frekansına sahip bir giriş geriliminden 100 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi; Şekil 6 (b)'de 50 Hz'lik giriş frekansına sahip bir giriş geriliminden 25 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi elde etmek için kullanılacak anahtarlama örüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. (a) 100 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi için (b) 25 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi için anahtarlama örüntüsü

## 6. ARAŞTIRMA BULGULARI

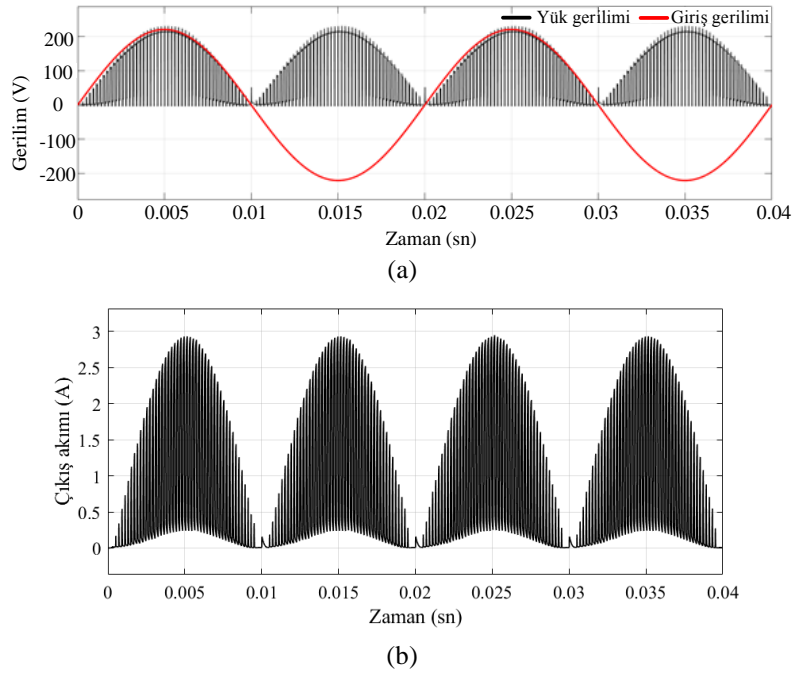
Her iki modda da çalışabilen TFMD'nin, Simulink kullanılarak oluşturulan sürücü devresi Şekil 6'da verilmiştir. TFMD'yi kontrollü doğrultucu ve frekans dönüştürücü olarak her iki modda çalıştırabilmek amacıyla sürücü devreye lojik kapılar ve constant bloğu eklenmiştir. Devrenin hangi modda çalışacağını constant bloğunun değeri belirler. Eğer bloğun değeri 1 ise, TFMD kontrollü doğrultucu modda çalışır. Eğer bloğun değeri 0 ise, TFMD frekans dönüştürücü modda çalışır. Frekans dönüştürücü modunda, çıkış geriliminin istenen frekans değeri, sürücü devresindeki darbe üreticinin frekansı olarak girilir. PWM anahtarlarına, [25]'te açıklanan yöntemle ölü zaman eklenir. Böylece TFMD'den istenilen çıkış frekansı, giriş frekansı değerinden bağımsız yapılır.



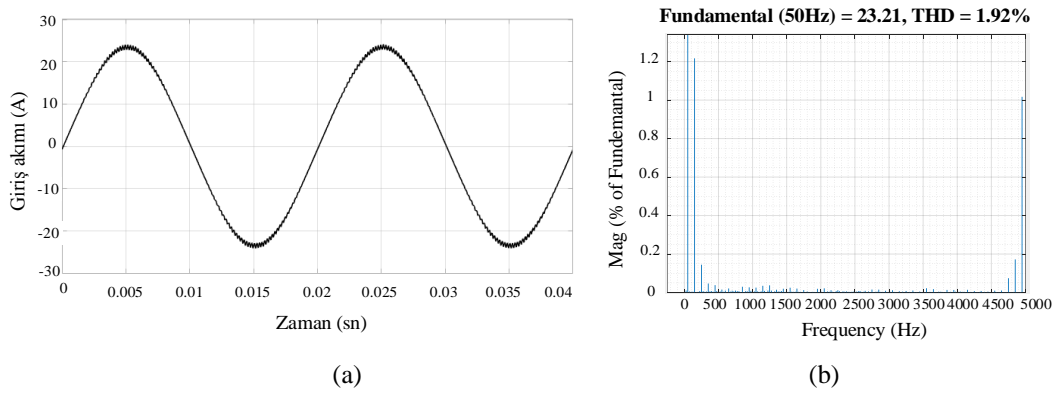
Şekil 6. Çok modlu çalışan TFMD'nin sürücü devresi

Simülasyonda giriş gerilimi 220 V, giriş geriliminin frekansı ve sürme devresindeki referans dalgalının frekansı 50 Hz alınmıştır. Yük olarak  $R = 70 \Omega$  ve  $L = 1 \text{ mH}$  değerleri kullanılmıştır. TFMD'nin girişine, giriş akımı harmoniklerini azaltmak amacıyla eklenen alçak geçiren filtrede  $R=10 \Omega$  ve  $L=1 \text{ mH}$ 'dir.  $M_i=0,5$  değerine ayarlanarak 5 kHz anahtarlama frekansında sonuçlar alınmıştır.

Mod değiştirme işlevi olan constant bloğunun değeri 1 olarak girilerek doğrultucu mod için sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 7'de TFMD'nin giriş gerilimi, doğrultulmuş yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 8'de ise giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir. Buna göre, girişe eklenen RL filtre ile giriş akımının %THD'si %1,92'ye düşürülmüştür.



Şekil 7. Kontrollü doğrultucu modunda çalışan TFMD'nin (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı

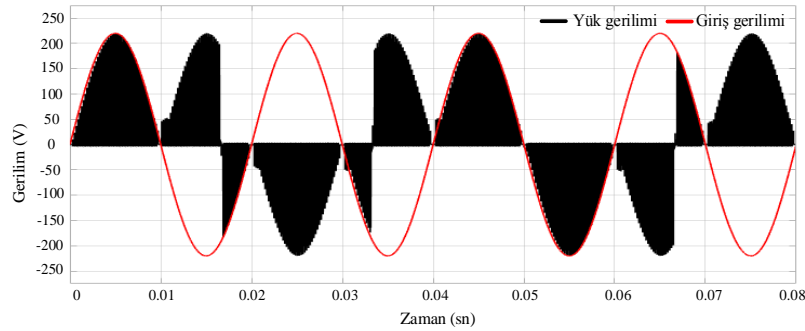


Şekil 8. Kontrollü doğrultucu modunda TFMD'nin (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrum

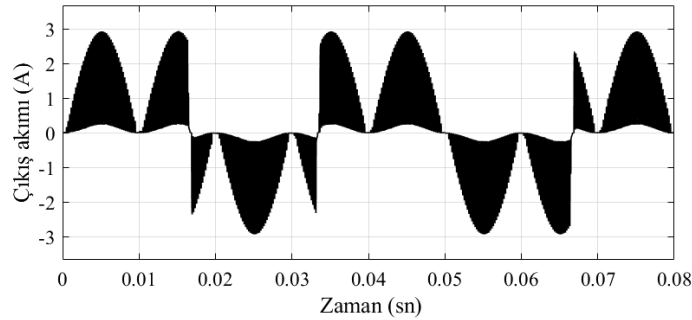


Mod değiştirme bloğunun değeri 0 olarak girilerek frekans dönüştürücü çalışmaya ilişkin simülasyon sonuçları alınmıştır.

Şekil 9'da 30 Hz'lik çıkış frekansı ( $f_c$ ) değeri için, TFMD'nin giriş gerilimi, yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 10'da giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir. Giriş akımının harmonik spektrumu incelendiğinde, giriş akımının ana harmoniğinin tepe değerinin 23.16 A ve giriş akımının toplam harmonik bozulmasının %2,06 değerinde olduğu görülmektedir. Yük gerilimine bakıldığında kullanılan güvenli komutasyon stratejisi sayesinde ani bir gerilim yükselmesi olmadığı görülmektedir.

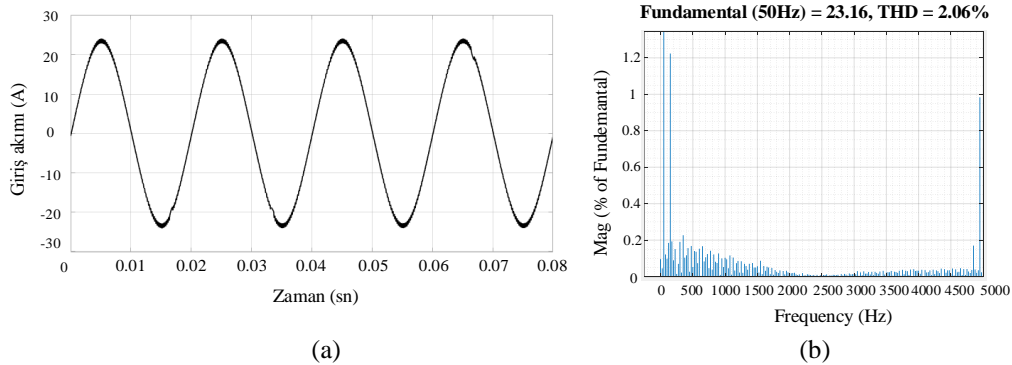


(a)



(b)

Şekil 9. Frekans dönüştürücü modu  $f_c=30$  Hz için (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı

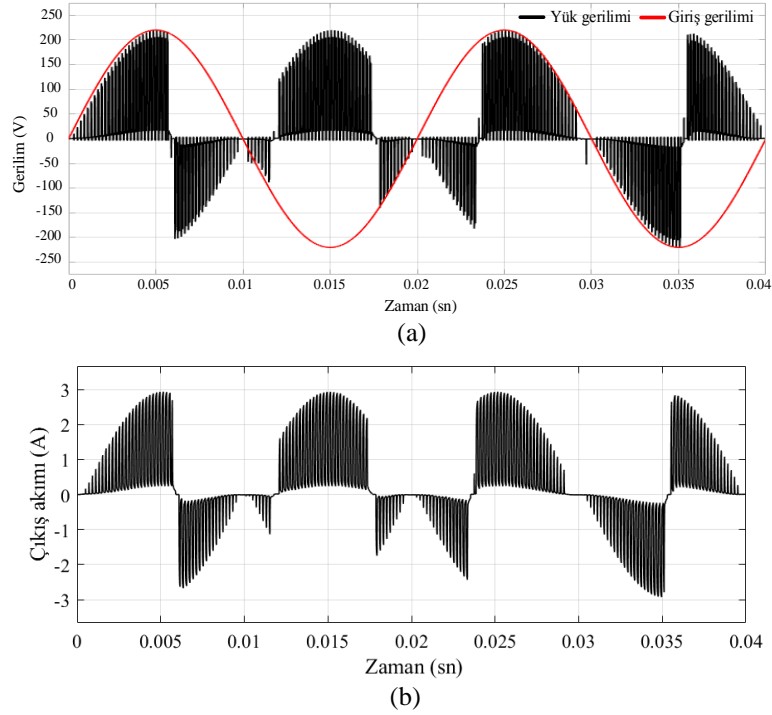


(a)

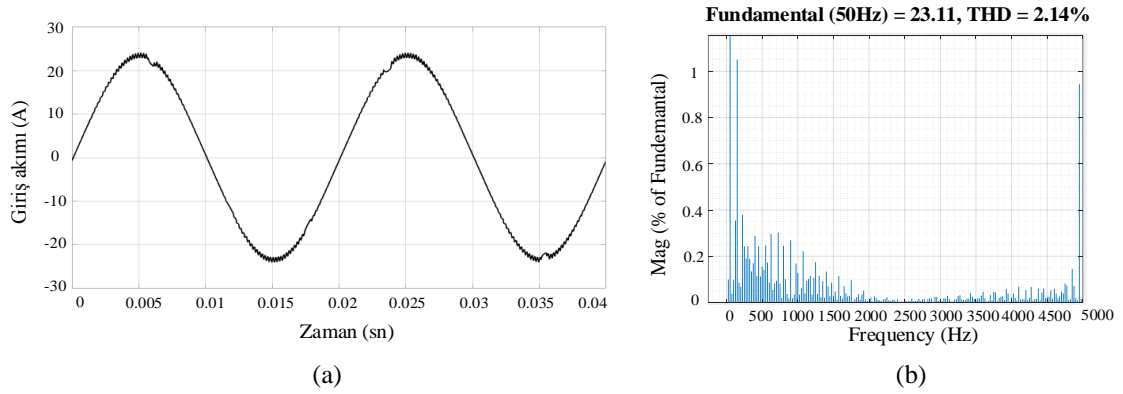
(b)

Şekil 10. Frekans dönüştürücü modu  $f_c=30$  Hz için (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrumu

Şekil 11’de 85 Hz’lik  $f_c$  değeri için, TFMD’nin giriş gerilimi, yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 12’de giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir. Giriş akımının ana harmoniğinin tepe değeri 23.11 A ve giriş akımının toplam harmonik bozulması %2,14 değerindedir. 85 Hz frekanslı çıkış geriliminde, kullanılan güç anahtarlarına zarar verecek ani gerilim yükselmeleri yaşanmamıştır.

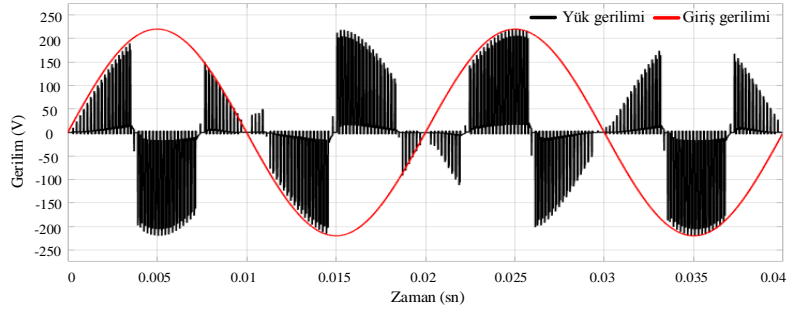


Şekil 11. Frekans dönüştürücü modu  $f_c=85$  Hz için (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı

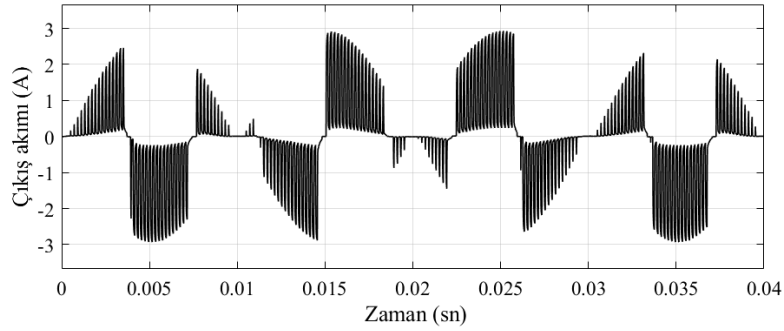


Şekil 12. Frekans dönüştürücü modu  $f_c=85$  Hz için (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrumu

Şekil 13’te 135 Hz’lik  $f_c$  değeri için, TFMD’nin giriş gerilimi, yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 14’te giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir.

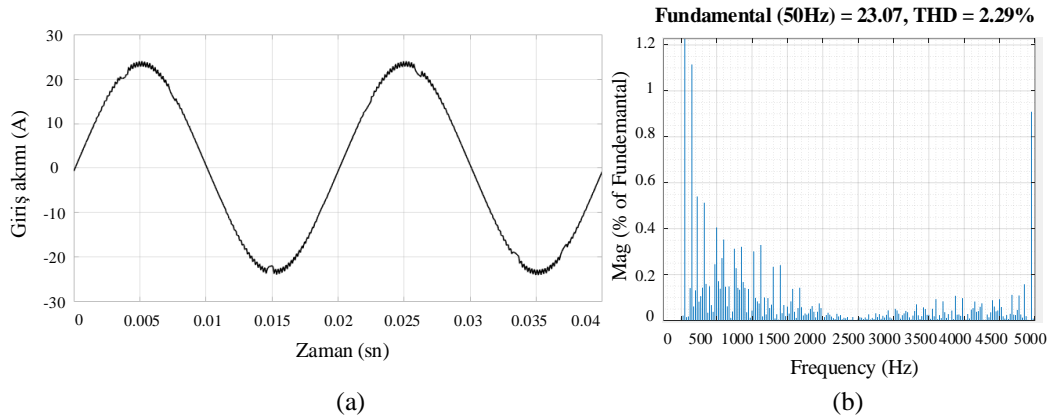


(a)



(b)

Şekil 13. Frekans dönüştürücü modu  $f_c=135$  Hz için (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı



(a)

(b)

Şekil 14. Frekans dönüştürücü modu  $f_c=135$  Hz için (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrumu

Frekans dönüştürücü mod için verilen sonuçlar incelendiğinde, giriş frekansı değerinin tam katı olmayan çıkış frekansı değerlerinde ani gerilim ve akım artışlarının önlenildiği ve THD'nin %5'in altında tutulduğu görülmektedir.

## 7. SONUÇ

Bu çalışmada, TFMD'nin çok modlu çalışması incelenmiştir. Kullanılan güvenli komutasyon stratejisi ile RL yükte oluşan ani gerilim yükselmeleri önlenmiştir. TFMD'nin girişine eklenen alçak geçiren filtre ile hem doğrultucu hem de frekans dönüştürücü modda, giriş akımının THD'si %5'in

altına düşürülerek IEEE standartlarına uygun hale getirilmiştir. Bu çalışma, giriş frekansının tam katı olmayan çıkış frekansı değerlerinde çıkış gerilimindeki ani artışların önlenmesi ve giriş harmoniklerinin azaltılması açısından TFMD'nin çok modlu çalışması ile ilgili literatüre katkıda bulunmuştur.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Merve ERTARĞIN, Ahmet ORHAN ve Abuzer ÇALIŞKAN çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

## ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Merve ERTARĞIN: Metodoloji, görselleştirme, analiz, yazma-inceleme ve düzenleme, doğrulama. Ahmet ORHAN: Gözetim ve liderlik sorumluluğu, inceleme, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme. Abuzer ÇALIŞKAN: Metodoloji, inceleme, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme.

## KAYNAKLAR

- [1] Z. Idris, S. Z. Mohammad Noor and M. K. Hamzah, "Safe Commutation Strategy in Single Phase Matrix Converter," 2005 International Conference on Power Electronics and Drives Systems, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005, pp. 886-891, doi: 10.1109/PEDS.2005.1619813.
- [2] Z. Idris, M. K. Hamzah and N. R. Hamzah, "Modelling & Simulation of a new Single-phase to Single-phase Cycloconverter based on Single-phase Matrix Converter Topology with Sinusoidal Pulse Width Modulation Using MATLAB/Simulink," 2005 International Conference on Power Electronics and Drives Systems, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005, pp. 1557-1562, doi: 10.1109/PEDS.2005.1619936.
- [3] V. Gidhavanı and V. J. Rupapara, "Single Phase Cycloconverter Based on Matrix Converter Topology," *International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD)*, 3(01), pp. 238-241, 2015.
- [4] V. Luhana and P. Vasovala, "Single Phase Matrix Converter," *International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD)*, 5(10), pp. 765-766, 2017.

- [5] R. Baharom, A. S. A. Hasim, M. K. Hamzah and M. F. Omar, "A New Single-Phase Controlled Rectifier Using Single-Phase Matrix Converter," 2006 IEEE International Power and Energy Conference, Putra Jaya, Malaysia, 2006, pp. 453-458, doi: 10.1109/PECON.2006.346694.
- [6] S. Z. M. Noor, R. Baharom, M. K. Hamzah and N. R. Hamzah, "Safe-commutation strategy for controlled rectifier operation using single-phase matrix converter," 2009 International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS), Taipei, Taiwan, 2009, pp. 1026-1029, doi: 10.1109/PEDS.2009.5385720.
- [7] R. Baharom, M. K. Hamzah, A. Saparon, S. Z. M. Noor and N. R. Hamzah, "A New Single-Phase Controlled Rectifier using Single-Phase Matrix Converter with Regenerative Capabilities," 2007 7th International Conference on Power Electronics and Drive Systems, Bangkok, Thailand, 2007, pp. 1477-1482, doi: 10.1109/PEDS.2007.4487899.
- [8] P. K. Gujarathi, S. B. Mohite and B. T. Deshmukh, "A novel single phase multimode matrix converter," 2007 IET-UK International Conference on Information and Communication Technology in Electrical Sciences (ICTES 2007), Chennai, India, 2007, pp. 196-199.
- [9] S. B. Mohite and P. K. Gujarathi, "A design and implementation of a novel multimode single phase matrix converter," SPEEDAM 2010, Pisa, Italy, 2010, pp. 1227-1230, doi: 10.1109/SPEEDAM.2010.5542053.
- [10] M. Boydak, "Tek fazlı matris dönüştürücünün çalışma modlarının incelenmesi," Yüksek lisans tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2019.
- [11] J. Y. Yong, V. K. Ramachandaramurthy, K. M. Tan and N. Mithulanathan, "A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, pp. 365-385, 2015.
- [12] R. R. Kumar and K. Alok, "Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability," *Journal of Cleaner Production*, 253, 119911, 2020.
- [13] R. Baharom, M. F. Bin Muhili and K. S. Muhammad, "Grid to Vehicle Wireless Power Transfer using Single Phase Matrix Converter (SPMC)," 2021 IEEE Industrial Electronics and Applications Conference (IEACon), Penang, Malaysia, 2021, pp. 35-40, doi: 10.1109/IEACon51066.2021.9654497.
- [14] B. Vardani and N. R. Tummuru, "Bidirectional Wireless Power Transfer Using Single Phase Matrix Converter for Electric Vehicle Application," TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Kochi, India, 2019, pp. 1523-1528, doi: 10.1109/TENCON.2019.8929288.
- [15] C. Vidal, L. Tarisciotti, M. Díaz, R. Cárdenas, J. Rodríguez and P. Wheeler, "Application of a Single-Phase Matrix Converter for Electric Vehicle Charging," 2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), San Juan, Argentina, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ARGENCON55245.2022.9940150.
- [16] A. Kumar, P. Kumar Sadhu, D. Kumar Mohanta and M. J. Bharata Reddy, "An effective switching algorithm for single phase matrix converter in induction heating applications," *Electronics*, 7(8), 149, 2018.
- [17] P. Umasankar and S. Senthilkumar, "Fuzzy logic control of single phase matrix converter fed induction heating system," *International Journal of Engineering and Technology*, 6(3), 2014.


- [18] N. Nguyen-Quang, D. A. Stone, C. M. Bingham and M. P. Foster, "Single phase matrix converter for radio frequency induction heating," International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2006. SPEEDAM 2006., Taormina, Italy, 2006, pp. 614-618, doi: 10.1109/SPEEDAM.2006.1649844.
- [19] B. Nayak, B. Misra and R. Mishra, "Performance improvement of single phase matrix converter using band pass filter for induction heating," 2017 2nd International Conference on Communication Systems, Computing and IT Applications (CSCITA), Mumbai, India, 2017, pp. 263-268, doi: 10.1109/CSCITA.2017.8066565.
- [20] M. F. M. Zin, N. Hamzah and M. N. Seroji, "Voltage controlled SPMC with unity voltage conversion ratio and low total harmonic distortion," 2014 2nd International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE), Kuala Lumpur, Malaysia, 2014, pp. 140-145, doi: 10.1109/ICEESE.2014.7154595.
- [21] B. Nayak and R. Mishra, "Input Current Shaping of Single Phase Matrix Converter by Designing LC Filter with Closed Loop Technique," *International Journal of Circuits and Electronics*, vol. 1, pp. 8-22, 2016.
- [22] B. Nayak, R. Mishra and P. Das, "Design of LC filter with closed loop technique to shape input current of single phase matrix converter," 2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), Coimbatore, India, 2017, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICECCT.2017.8117989.
- [23] R. Baharom and M. K. Hamzah, "A New Single-Phase Controlled Rectifier Using Single-Phase Matrix Converter Topology Incorporating Active Power Filter," 2007 IEEE International Electric Machines & Drives Conference, Antalya, Turkey, 2007, pp. 874-879, doi: 10.1109/IEMDC.2007.382784.
- [24] P. N. A. Megat Yunus and M. K. Hamzah, "Safe Commutation for an AC-DC Single-Phase Matrix Converter (SPMC) with Combination of LC Filter and Damping Resistor," IEEE International Conference on Power and Energy, Kota Kinabalu Sabah, Malaysia, Dec. 2-5, 2012, pp. 570-575.
- [25] N. Pirinççi and A. Orhan, "A New Approach for a Single-Phase Matrix Converter Operating as Frequency Changer," 2019 4th International Conference on Power Electronics and their Applications (ICPEA), Elazığ, Turkey, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICPEA1.2019.8911183.



*Araştırma Makalesi / Research Article*


## **Çelik Çubuk Ağı Kubbelerinin Yük Aktarım Prensiplerine Göre İncelenmesi**

*Investigation of Steel Bar Mesh Domes According to Load Transfer Principles*

Mehmet Ali BEKTAŞ<sup>1,\*</sup> , Mehmet Sedat HAYALİOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Çetinkayalar Yapı Elemanları A.Ş., Araştırma ve Geliştirme Merkezi, 21010, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1353641>

### **MAKALE BİLGİSİ**

#### **Makale Tarihi**

*Alınış, 01 Eylül 2023*

*Revize, 28 Eylül 2023*

*Kabul, 28 Eylül 2023*

*Online Yayınlama, 10 Kasım 2023*

#### **Anahtar Kelimeler**

*Çelik kubbe, Nervürlü kubbe,  
Lamella kubbe, Schwedler kubbe,  
Jeodezik kubbe, Yük aktarımı*

### **ARTICLE INFO**

#### **Article History**

*Received, 01 September 2023*

*Revised, 28 September 2023*

*Accepted, 28 September 2023*

*Available Online, 10 November 2023*

#### **Keywords**

*Steel dome, Ribbed dome,  
Lamella dome, Schwedler dome,  
Geodesic dome, Load transfer*

### **ÖZ**

Bu makale, çelik çubuk ağı kubbe modellerinden başlıca olan radyal nervürlü kubbe, schwedler kubbe, lamella kubbe ve jeodezik kubbe modellerinin geometri ve yük aktarım prensipleri incelenmiştir. Bu tasarımların yük aktarımı için diğer sistemlere göre avantajları ve dezavantajları analiz edilmiştir. Radyal nervürlü kubbe, yüklerin merkeze doğru aktarılmasını sağlayarak etkileyici bir dayanıklılık sunmaktadır. Schwedler kubbe ise yükleri diyagonal çubuklardan oluşan bir ağ kullanarak daha dengeli bir şekilde dağıtmıştır. Lamella kubbe, özel bir kaplama tekniği ile yükleri sürekli bir şekilde aktarırken estetik bir görünüm sağlamıştır. Jeodezik kubbe ise çokgenlerden oluşan ağ yapısıyla yükleri tüm yapının üzerine eşit bir şekilde dağıtmıştır. Bu çalışmada, bu kubbe modellerinin yük aktarım prensipleri detaylı bir şekilde açıklanmış ve her birinin avantajları ve dezavantajları ele alınmıştır. Yük aktarım prensiplerinin anlaşılması, bu yapıların mukavemetini ve dayanıklılığını etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olmuştur. Sonuç olarak, bu makale, çelik çubuk ağı kubbe modellerinin farklı yük aktarım prensipleriyle nasıl çalıştığını ve diğer sistemlere göre avantajlarını ve dezavantajlarını göstermektedir. Bu bilgiler, mimarlar ve mühendisler için yapısal tasarımlarda doğru seçimler yapmalarına yardımcı olacaktır.

### **ABSTRACT**

In this article, load transfer principles of radial ribbed dome, schwedler dome, lamella dome and geodesic dome models, which are mainly steel bar mesh dome models, are examined. The advantages and disadvantages of these designs compared to other systems for load transfer are analyzed. The radial ribbed dome ensures that loads are transferred towards the

**\*Sorumlu Yazar**

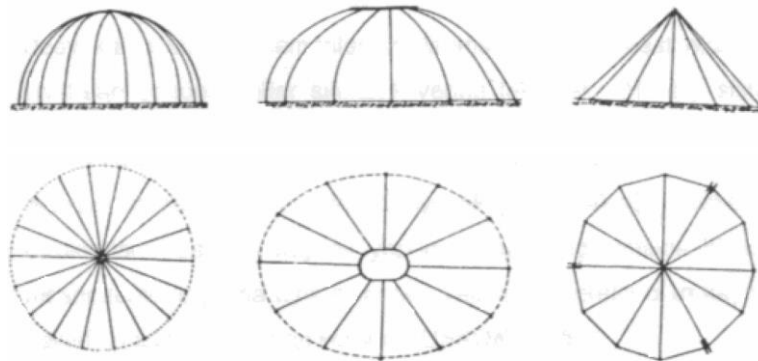
**E-posta Adresleri:** [bektas1026r@gmail.com](mailto:bektas1026r@gmail.com) (Mehmet Ali BEKTAŞ), [hosedat@dicle.edu.tr](mailto:hosedat@dicle.edu.tr) (Mehmet Sedat

HAYALİOĞLU)

centre, offering impressive durability. The Schwedler dome, on the other hand, distributes the loads more evenly by using a net of diagonal rods. Lamella dome provides an aesthetic appearance while transferring loads continuously with a special coating technique. The geodesic dome, on the other hand, distributes the loads evenly over the entire structure with its polygon network structure. In this study, the load transfer principles of these dome models are explained in detail and the advantages and disadvantages of each are discussed. Understanding the load transfer principles has helped us identify the factors that affect the strength and durability of these structures. In conclusion, this article shows how steel bar mesh dome models work with different load transfer principles and their advantages and disadvantages over other systems. This information will help architects and engineers make the right choices in structural designs.

## 1. GİRİŞ

Mühendis ve mimarlar daha hafif taşıyıcı sistem ile daha geniş açıklıklı örtü sistemleri tasarımı üzerine sürekli çalışmaktadırlar [1]. Bu yapılar, estetik görünüşleriyle birlikte güçlü ve dayanıklı bir yapısal çözüm sunmaktadır. Şekil 1’de radyal nervürlü kubbelerin farklı estetik formlarında tasarımları verilmiştir. Çubuk ağı kubbeler, yüksek mukavemetleri ve esnek tasarım potansiyelleri ile mimarlar ve mühendisler tarafından tercih edilmektedir. Bu sistemler mimari yapıların tasarımında birçok avantaj sunmaktadır. Öncelikle bu kubbelerin geniş açıklıklara sahip yapılar için ideal olduğu söylenebilir. Bu yapılar, çubukların dayanıklılığı sayesinde büyük açıklıkları kolayca geçebilir ve destekleyebilir. Ayrıca çelik çubukların esnek tasarım potansiyeli, mimarlara yaratıcı ve özgün yapılar oluşturma imkânı sağlar. Çelik çubuk ağı kubbelerin avantajlarına göz atarsak, öncelikle yüksek taşıma kapasitesi ve mukavemetleri göze çarpar. Bu yapılar, büyük açıklıkların üstesinden gelebilir ve yüksek taşıma kapasiteleri sayesinde yapıların stabilitesini sağlar. Çelik malzemenin dayanıklılığı ve uzun ömürlü olması, bu kubbelerin uzun vadede kullanılabilirliğini artırır ve esnek tasarım potansiyeli sağlar. Çelik çubuk ağı kubbelerin sürdürülebilirlik açısından da avantajları bulunmaktadır. Çelik malzemenin geri dönüştürülebilir olması ve enerji verimliliğine katkı sağlaması, bu yapıların çevresel etkilerini azaltmaktadır.



Şekil 1. Radyal nervürlü kubbelerin plan ve görünüşü [2]



Çelik çubuk ağı kubbeler, yapısal hafiflikleri ve optimize edilmiş tasarımlarıyla daha az malzeme kullanarak ekonomik ve ekolojik açıdan sürdürülebilir bir seçenektir. Çelik çubuklar, farklı şekil ve boyutlarda üretilebilir ve çeşitli yapısal formasyonlar oluşturulabilir. Bu da mimarların yaratıcı ve özgün tasarımlar yapabilmesine imkân tanır. Aynı zamanda çelik çubukların hafif olması da taşıma ve montaj sürecini kolaylaştırır. Ancak çelik çubuk ağı kubbelerin dezavantajları da göz önünde bulundurulmalıdır. Öncelikle bu yapılar genellikle diğer yapısal sistemlere kıyasla daha maliyetli olabilir. Çelik malzemenin yüksek maliyeti, çubukların üretimi, montajı ve işçilik maliyetleri gibi faktörler bu durumu etkiler. Çelik çubuk ağı kubbelerin tasarım ve inşaa süreçleri, özen ve profesyonellik gerektirir. Yüksek hassasiyet ve doğruluk gerektiren montaj işlemleri, uzmanlık ve deneyim gerektiren bir süreçtir. Bununla birlikte tasarım aşamasında yapısal hesaplamalar ve simülasyonlar yapılmalı ve malzeme seçimi doğru bir şekilde yapılmalıdır. Her bir çelik çubuk ağı kubbe modelinin kendi özel özellikleri vardır. Radyal nervürlü kubbe, yükleri merkeze doğru aktararak etkileyici bir dayanıklılık sunar. Schwedler kubbe, diyagonal elemanları sayesinde yükleri dengeli bir şekilde dağıtarak daha homojen bir yük taşıma sağlar. Lamella kubbe, estetik bir görünüm ve sürekli yük aktarımı sağlayan özel bir tasarım tekniğiyle öne çıkar. Jeodezik kubbe ise geometrik şekillerin eşit bir şekilde yük dağılımı sağlamasından dolayı optimal bir yapısal performans sergiler. Başlıca çelik çubuk ağı kubbe modellerinin yük aktarım prensiplerini ve avantajlarını/dezavantajlarını anlamak, mimari tasarımda doğru seçimler yapılmasına yardımcı olur. Mimarlara ve mühendislere, projelerinin ihtiyaçlarına ve hedeflerine en uygun olan modeli belirleme ve tasarım sürecinde doğru kararlar verme imkânı sunar.

Çelik kubbelerin analizi, uzun bir geçmişe sahiptir ve özellikle son yüzyılda çelik malzeme kullanımıyla birlikte daha fazla önem kazanmıştır. Literatürde, çelik kubbelerin analizi konusundaki önceki araştırmalar ve literatürdeki bulgular mevcuttur. Timoshenko ve Woinowsky-Krieger [3], kubbe sistemlerinin gerilmelerinin dağılımı ve yük altında meydana gelen deplasmanların tespiti için hesap yöntemlerini "Plak ve Kabukların Teorisi" kitabında sunmuşlardır. Aynı zamanda, Timoshenko [4], "Elastik Burkulma Teorisi" kitabında kabuk elemanlarının burkulma sorunlarına farklı çözümler getirmiş ve kabuk elemanlarının maksimum yük noktasından önce de burkulma yaşanabileceğini göstermiştir. Papadopoulos ve LoRizzo [5], Bükreş Ulusal Ekonomi Köşkü'nün 93,5 metre çapında ve 19,107 metre yüksekliğindeki çelik kubbesinin burkulma ve ters dönme nedenlerini araştırmışlardır. Çalışmaları, düzensiz dağılmış kar yükünün bölgesel burkulmaya neden olduğunu ve bu burkulmanın kubbenin diğer yüzeylerini de etkileyerek ters dönme oluşturduğunu göstermiştir. Ayrıca uzay kubbelerinin iklim koşullarına karşı dayanıklı olması için malzeme ve birleşim elemanlarının asimetrik yüklerle başa çıkabilecek şekilde tasarlanması gerektiğini önermişlerdir. Soykan [6], farklı açıklık ve yüksekliklere sahip kubbe sistemlerinin stabilitesini, deplasmanlarını ve birim alan ağırlıklarını karşılaştırmalı bir şekilde incelemiş ve maliyet odaklı bir karşılaştırma yapmıştır. Çiftçi

[7], uzay kubbe sistemlerindeki geometrik deformasyonları ve doğrusalsızlık kaynaklı stabilite etkilerini araştırmıştır. Yaptığı değerlendirmeler sonucunda, yük altındaki düğüm noktasının ötelenmesi sonucu oluşan burkulmanın en önemli stabilite kaybı olduğunu belirlemiştir. Bu sorunun kiriş berkitmeleri kullanılarak çözülebileceğini ve bu şekilde yapı ağırlığında %20 civarında bir azalma sağlanabileceğini bulmuştur. Yılmaz [8], tek katmanlı kubbe sistemlerinin stabilitesini incelemiş ve burkulma durumunun yük altındaki düğüm noktasının ötelenmesi sonucu oluştuğunu belirlemiştir. Berkitme elemanlarının kullanılmasıyla burkulma kararsızlığını önleyebileceğini ve yapı ağırlığında ciddi bir azalma sağlayabileceğini göstermiştir. Adnanoğlu [9], Ribbed ve Schwedler kubbe sistemleri üzerinden ekonomik ve dayanıklı kubbe sistemleri tasarlamak için parametrik bir çalışma yapmıştır. Çeşitli modeller arasında yapılan analizler, kubbe kafes sistemlerinde petek boşluğu bırakılmasının tasarım ve maliyet açısından avantajlı olduğunu göstermiştir. Bektaş [1], farklı yükseklik ve açıklık oranlarına sahip tek katmanlı ve çift katmanlı çelik uzay kafes kubbe sistemlerini oluşturmuş ve bu sistemleri tasarladıktan sonra Türk çelik yapılar tasarım yönetmeliğine göre kontrol etmiştir. Sonuçları, farklı yönetmeliklere göre elde edilen sonuçların uygun olduğunu göstermiştir.

Çalışmada, çelik çubuk ağı kubbelerin farklı modellerinin yük aktarım prensipleri ve bu prensiplerin avantajlarını ve dezavantajlarını ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Mimarlar ve mühendisler için yapısal tasarımlarda doğru seçimler yapmalarına geniş bir yelpaze sunarak yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu bilgiler aynı zamanda bu kubbelerin mukavemetini ve dayanıklılığını etkileyen faktörleri anlamamıza yardımcı olacaktır. Yük aktarım prensiplerinin doğru bir şekilde anlaşılması, bu yapıların optimize edilmiş bir performans sergilemesini sağlayacaktır. Bu makalede, çelik çubuk ağı kubbelerin yük aktarım prensipleri ve farklı modelleri ele alınacaktır. Ayrıca mimarlara ve mühendislere, bu yapıların potansiyelini tam olarak anlatarak yapısal tasarımlarında bilinçli seçimler yapmalarına yardımcı olmayı hedeflemektedir. Bu makale, çelik çubuk ağı kubbelerin yüksek taşıma kapasitesi, esnek tasarım potansiyeli, estetik çekicilik, sürdürülebilirlik avantajları gibi geniş bir yelpazede sunulan faydalarını vurgulamakta ve aynı zamanda montaj süreci, maliyet ve işçilik gibi dezavantajları da değerlendirmektedir. Bu bilgiler, mimarlar ve mühendisler için kritik bir kaynak oluşturarak yapısal tasarımlarda en uygun çelik çubuk ağı kubbe modelini seçmelerine ve projelerini en iyi şekilde optimize etmelerine yardımcı olmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, çelik çubuk ağı kubbelerin yük aktarım prensiplerini araştırmayı ve farklı modelleri ayrıntılı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Radyal nervürlü kubbe, schwedler kubbe, lamella kubbe ve jeodezik kubbe olmak üzere dört farklı model, bu çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Her bir kubbe modelinin yapım süreci, kullanılan malzemeler ve yük aktarım

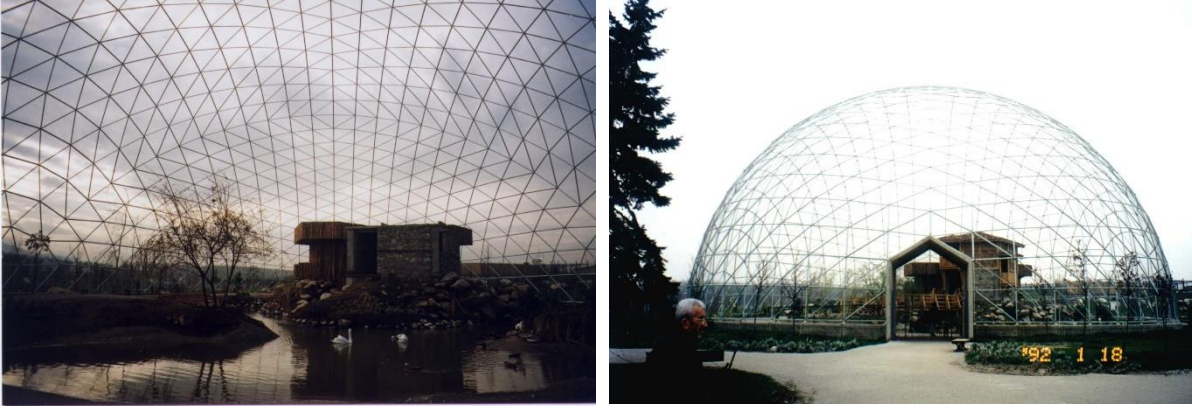
prensipleri, yapıların dayanıklılığı, taşıma kapasitesi, estetik görünümü ve montaj süreci gibi kritik faktörleri etkilemektedir. Bu bölümde, öncelikle çelik çubuk ağı kubbelerin her biri için genel bir giriş yapılacaktır. Daha sonra, her bir kubbe modeli için ayrı ayrı geometrisi, yük aktarımı, yapısal davranışı ve montaj süreci gibi konular ele alınacaktır. Bu analiz, mimarlar ve mühendisler için çelik çubuk ağı kubbelerin tasarım ve inşaa süreçlerinde doğru kararları vermelerine yardımcı olacak önemli bir kaynak sağlayacaktır. Yapıların güvenliği ve performansı, doğru materyal seçimi ve uygun metotların kullanımı ile sağlanır. Bu çalışmanın sonuçları, çelik çubuk ağı kubbelerin kullanımının artmasına ve yapısal tasarımların daha dayanıklı, estetik ve ekonomik olmasına katkı sağlayacaktır. Çalışmanın sonuçları, çelik çubuk ağı kubbelerin kullanımının artmasına ve yapısal tasarımların daha dayanıklı, estetik ve ekonomik olmasına katkı sağlayacaktır. Yapıların güvenliği ve performansı, doğru materyal seçimi, uygun metotların kullanımı ve etkili yük aktarım prensipleri ile sağlanır. Bu nedenle, bu çalışma, çelik çubuk ağı kubbelerin farklı modellerinin yapım süreçlerini ve materyal seçimlerini ayrıntılı bir şekilde açıklayarak, yapısal tasarımlarda doğru seçimler yapma konusunda rehberlik sağlamayı hedeflemektedir.

## 2.1 Türkiye’de Kubbesel Uzay Kafes Örnekleri

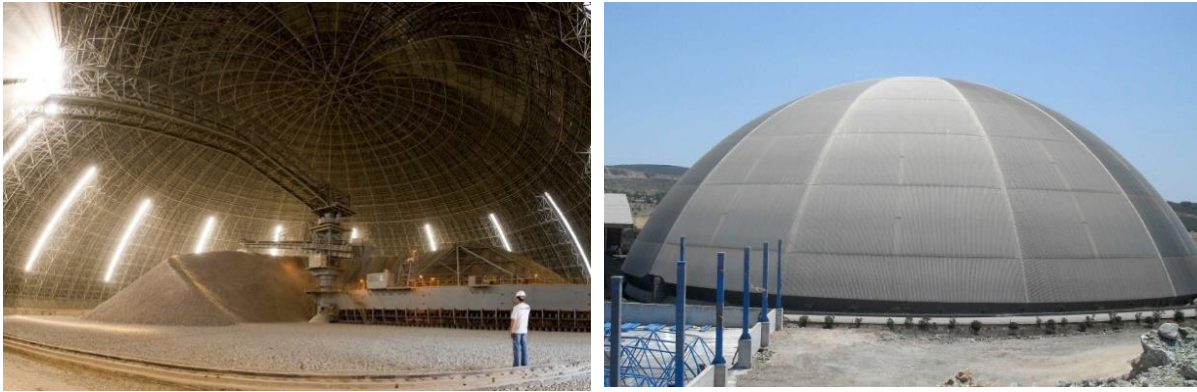
Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’de ülkemizde uygulaması yapılmış kubbesel çelik kafes örnekleri verilmiştir. Bu örneklerde kubbe açıklıkları ve yükseklikleri farklılık göstermektedir.



Şekil 2. Panora Alışveriş merkezi, Ankara, Türkiye [1]



Şekil 3. Su kuşları hayvanat bahçesi, Bursa, Türkiye [1]



Şekil 4. Akçansa çimento stokholü, Çanakkale, Türkiye [1]

## 2.2 Radyal Nervürlü Kubbe

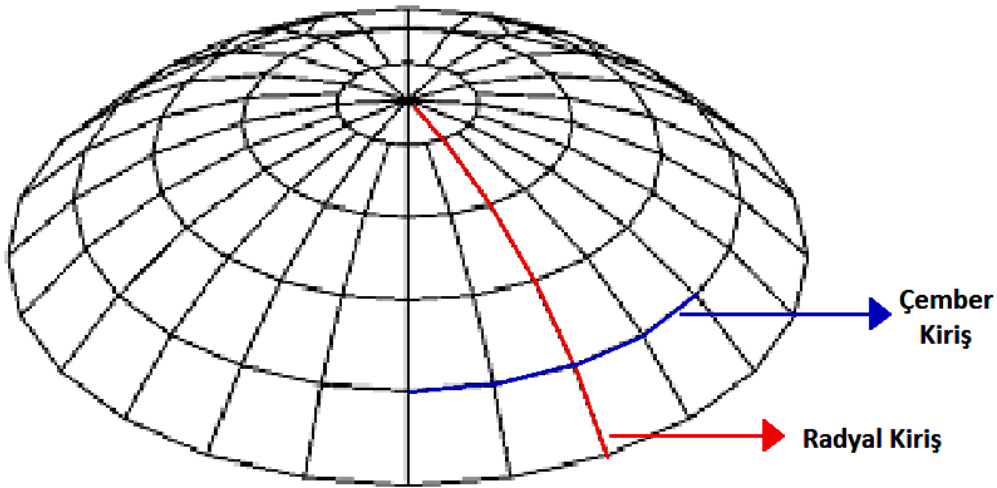
Çelik radyal nervürlü kubbeler modern mimari tasarımlarda kullanılan özgün bir yapısal formdur. Bu kubbeler, genellikle çelik çerçeve sistemlerine dayanır ve mimari yapıların üst örtüsünü oluştururlar. Şekil 5'te Radyal nervürlü kubbe örneği gösterilmiştir.



Şekil 5. Şanlıurfa şehirler arası otobüs terminali, Şanlıurfa, Türkiye [11]

### 2.2.1 Radyal nervürlü kubbe geometrisi

Radyal kubbeler genellikle merkezden dışa doğru radyal olarak dönen yay kirişlerinden oluşur. Bu yay kirişler, kubbenin dış şeklini takip eden elemanlardır. Birincil olarak, yay kirişleri eğrisel bir yapıdadır. Bu durumda, tek bir yay kirişi, kubbenin tam bir çember şeklini takip eder ve merkezden başlayarak eteklere kadar kesintisiz bir şekilde uzanır. Bu eğrisel yay kirişi, kubbenin estetik çekiciliğini ve sürekli bir formunun olmasını sağlar. Yay kirişleri doğrusal veya parçalı olarak da tasarlanabilir. Doğrusal yay kirişleri, merkezden başlayarak eteklere kadar düz bir hat izler ve kubbeyi oluşturan elemanlar arasında doğrusal bir bağlantı sağlar. Parçalı yay kirişleri ise kubbenin merkezinden başlayarak eteklere kadar kesintili olarak uzanır. Bu kesintiler eğrisel formu oluşturmak için çemberler kirişlerinin bağlandığı yerden kesilir. Çember kirişleri, kubbeyi oluşturan yay kirişlerini birleştirilerek kesintileri tamamlar ve kubbenin istenilen geometrik formunu oluşturur. Yatay çemberler olarak da adlandırılan bu kirişler, kubbenin dış çevresini saran elemanlardır. Yatay çemberler, radyal kirişlerle kesiştiği noktalarda düğüm noktaları oluşturur ve çelik profil elemanların birleştiği, kuvvetlerin aktarıldığı noktalardır. Bu geometrik yapı, kubbenin strüktürel sağlamlığını ve dayanıklılığını sağlamak için tasarlanır. Yay kirişleri ve yatay çemberlerin doğru boyutlandırılması, çelik profil elemanlarının uygun bağlantılarla birleştirilmesi ve düğüm noktalarının sağlam olması, kubbenin yük taşıma kapasitesini ve istikrarını sağlar. Şekil 6'da nervürlü kubbe sisteminin elemanları gösterilmiştir.

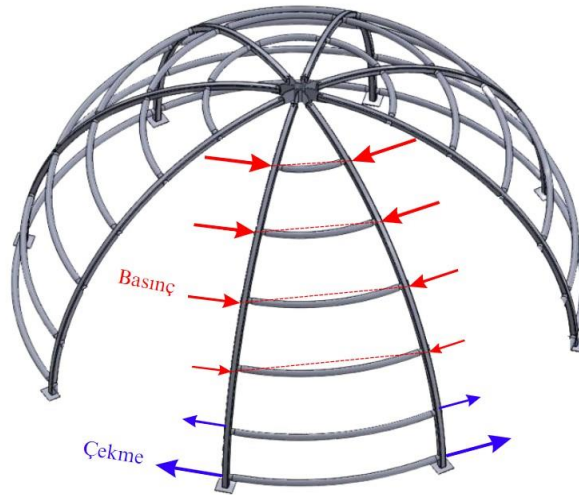


Şekil 6. Nervürlü kiriş elemanları

Nervürlü kubbelerin geometrisi; mimari estetik, yapısal performans ve imalat sürekliliği arasında bir dengeyi temsil eder. Bu geometrik düzenlemeler hem görsel çekicilik sağlamak hem de kubbenin gereksinimlerine uygun mühendislik çözümlerini sunmak amacıyla dikkatli bir şekilde planlanmalıdır.

### 2.2.2 Radyal nervürlü kubbe yük aktarımı ve yapısal davranışı

Nervürlü kubbelerde yük aktarımı, çelik kafes sistemi ve bağlantı elemanları aracılığıyla gerçekleşir. Simetrik veya asimetrik yükler altında, yükler bu sistem üzerinde belirli bir yol izler. Simetrik yükler altında, örneğin kendi ağırlığı veya dengeli bir kar yükü gibi, yükler kubbenin merkezinden dışa doğru radyal kirişlere aktarılır. Radyal kirişler, yükleri radyal profillere ileterek onları taşır ve yayılır. Çember kirişleri de radyal kirişleri birbirine bağlayarak kuvvetleri dengeleyip dağıtır. Bu şekilde, yükler kubbenin yapısında etkili bir şekilde taşınır. Asimetrik yükler altında, örneğin birikmiş kar yükü veya rüzgâr yükü gibi, yükler farklı noktalara uygulanır ve simetrik olmayan bir dağılım gösterir. Bu durumda, yüklerin yol izlemesi ve kubbedeki elemanların davranışı biraz daha karmaşık olabilir. Asimetrik yükler, çelik kafes sisteminin esnekliği sayesinde kubbeye etkili bir şekilde iletilir. Radyal kirişler ve çember kirişleri, yüklerin taşınması sırasında gerilme ve deformasyonları dengelemek için önemli bir rol oynar. Şekil 7'de nervürlü kubbelerde çember kirişlere etki eden aksel yükler gösterilmiştir.



Şekil 7. Nervürlü kubbe kirişlerinde aksel yük

Nervürlü kubbeler genellikle tek katmanlıdır, bu da demektir ki yükler doğrudan ana elemanlar üzerinden aktarılır. Moment aktaran birleşim elemanları kullanıldığında, çubuk elemanlarının davranışı etkilenebilir. Moment aktaran birleşimler, kubbenin rijitliğini ve taşıma kapasitesini artırırken, çubuk elemanlarının eğilme momentine karşı direncini artırır. Bu sayede, kubbenin genel performansı iyileştirilir ve yapıya daha fazla dayanıklılık sağlanır. Nervürlü kubbelerin yapısal tasarımı, simetrik veya asimetrik yükler altında yüklerin etkili bir şekilde taşınmasını ve kubbenin dayanıklılığını sağlamayı hedefler. Radyal ve çember kirişleri gibi elemanlar, yükleri dengeleyerek ve taşıyarak kubbeye optimum destek sağlar. Moment aktaran birleşimler ise çubuk elemanlarının davranışını iyileştirerek kubbenin performansını artırır.

Nervürlü kubbelerin birçok avantajı bulunmaktadır. İlk olarak, bu kubbe tipi yüksek taşıma kapasitesine sahiptir. Çelik kafes sistemi ve optimize edilmiş profil seçimi sayesinde büyük açıklıkları kapatırken daha az sayıda destek elemanına ihtiyaç duyar. Bu özelliği, geniş açıklıkların daha az sayıda yapısal destek elemanı kullanılarak kapatılmasını sağlar ve daha hafif bir yapı elde edilmesini sağlar. Kafes sistemi ve bağlantı elemanları sayesinde iç mekânlarda daha açık ve engelsiz bir alan yaratılabilir. Nervürlü kubbeler, esnek ve etkileyici tasarım potansiyeli sunar.

Çelik kafes sistemi ve simetrik yapıları sayesinde benzersiz ve görsel olarak çekici mekânlar oluşturabilir. Bu özellikleriyle, nervürlü kubbeler farklı mimari tasarım ihtiyaçlarına cevap verebilir. Ayrıca Nervürlü kubbelerin inşaa süreci diğer kubbe tiplerine göre daha kolay ve hızlı olabilir. Ancak profil seçimi, bağlantı elemanları ve montaj süreci, özen gerektiren aşamalardır. Nervürlü kubbelerin inşasında kullanılan çelik kafes sistemi ve optimize edilmiş profil seçimi diğer kubbe yapılarına göre daha ekonomik olabilir. Daha az malzeme ve işçilik gerektirdiği için projenin maliyetini düşürebilir. Bu avantajlar, nervürlü kubbelerin hızlı inşaa edilebilirlikleri ve ekonomik yapısı sayesinde tercih edilebilir bir seçenek olmalarını sağlar. Bu sebeple Nervürlü kubbeler, geniş açıklıklı sistemlere göre daha az maliyetli bir seçenek olabilirken, küçük açıklıklı sistemlerde diğer yapı sistemlerine göre daha yüksek maliyetli olabilir. Bu durum, nervürlü kubbelerin optimize edilmiş profil seçimi ve çelik kafes sistemi gibi unsurlarının büyük açıklıklarda daha etkin kullanılmasından kaynaklanır. Geniş açıklıklı sistemlerde bu avantajlar daha fazla hissedilirken, küçük açıklıklı sistemlerde maliyetlerin diğer yapı sistemlerine göre daha dezavantajlı olabilir. Nervürlü kubbeler statik tasarımı yeterli olmadığından daha geniş açıklıklar için daha büyük kesitler gerektirecektir.

### **2.3 Schwedler Kubbe**

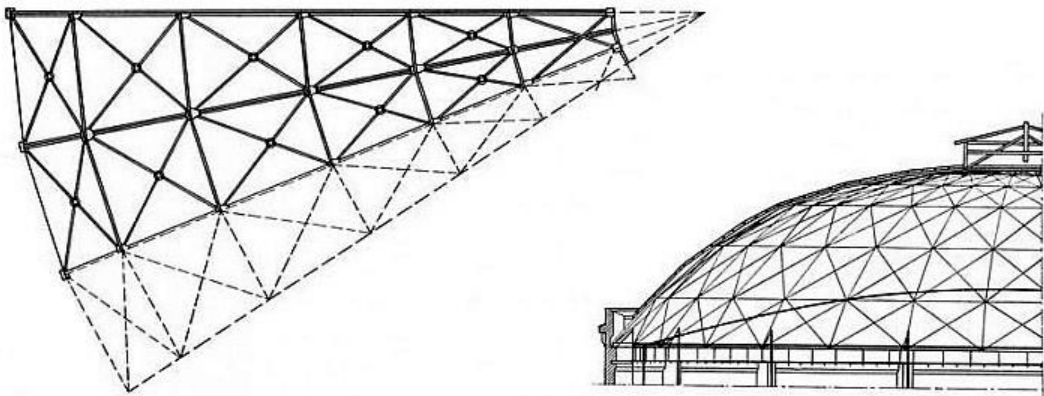
Schwedler kubbe sistemi, 19. yüzyılda Alman mühendis Karl Schwedler tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem, çelik çubukların birleştirilerek oluşturduğu bir kafes yapısıyla desteklenen bir kubbe tasarımını ifade eder. Schwedler kubbe sistemi, yüksek dayanıklılığı ve hafif yapısıyla tanınır. Bu sistemin temel amacı, büyük açıklıklara sahip yapıların kolayca kaplanabilmesini sağlamaktır. Çelik çubuklar, kubbeyi oluşturan geometrik şekillerin içerisindeki gerilmeleri dengeler ve yapıya mukavemet sağlar. Bu sayede, büyük açıklıklara sahip yapıların daha az malzeme kullanarak inşaa edilebilmesi mümkün olur. Schwedler kubbe sistemi, çeşitli yapı türlerinde kullanılmıştır. Özellikle sergi salonları, spor tesisleri, fuar alanları gibi geniş açıklıklara sahip yapılarda tercih edilen bir sistemdir. Ancak, tasarımın karmaşıklığı ve uygulama sürecinin teknik bilgi gerektirmesi nedeniyle dikkat edilmesi gerekmektedir. Şekil 8'de Schwedler tipi kubbe yapısı gösterilmiştir.



Şekil 8. Viyana gazometresi Schwedler çatı tasarımı

### 2.3.1 Schwedler kubbe geometrisi

Schwedler tipi çelik çubuklu kubbe sistemi, büyük açıklıklara sahip yapılarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve yüksek dayanıklılığı ile hafif yapısıyla dikkat çeker. Bu kubbe sisteminin geometrisine dair örneklerden ilki, çember kirişleridir. Çember kirişleri, kubbenin yatay çevresini oluşturan ve genellikle eşit aralıklarla yerleştirilen çelik çubuklardır. Bu çubuklar, kubbenin sağlamlığını ve stabilitesini sağlamak için birbirleriyle bağlantı kurar. Diyagonal elemanlar ise Schwedler kubbelerde önemli bir rol oynar. Bu elemanlar, çember kirişleri arasında yer alan eğimli çelik çubuklardır. Diyagonal elemanlar, kubbenin yüzeyini daha dengeli bir şekilde destekleyerek yapıya ekstra dayanıklılık sağlar. Bu elemanlar genellikle çapraz şekilde yerleştirilir ve kubbenin içine birbiriyle kesişen desenler oluşturur. Üniform yüklerde sistemin stabilitesini daha güvenli sağlamaktadırlar. Şekil 9’da Schwedler kubbe planı gösterilmiştir.



Şekil 9.Çift köşegenli schwedler kubbenin plan ve görünüşü [10]

Schwedler kubbelerde ayrıca radyal elemanlar da bulunur. Bu elemanlar, kubbenin merkezinden çember kirişlerine doğru uzanan çelik çubuklardır. Radyal elemanlar, kubbenin



yüklerini, diyagonal ve çember kirişlerin desteği ile zemine aktararak daha istikrarlı bir yapı oluştururlar. Bu elemanlar, çember kirişleriyle kesişen noktalarda birleşir ve kubbenin bütünlüğünü sağlar. Bu sistem, büyük açıklıklara sahip yapıların daha az malzeme kullanarak inşa edilmesini sağlayan etkileyici bir yapısal çözümdür.

### 2.3.2 Schwedler kubbe yük aktarım prensibi

Schwedler tipi çelik çubuklu kubbe sisteminin yapısal davranışı ve yük aktarım prensipleri, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu sistemdeki çember kirişleri, etek bölümünde çekme etkisi altında kalırken, tepe kısımdaki çember kirişleri ise basınç etkisi altında bulunur. Bu durum, kubbenin yapısal davranışını etkileyen önemli bir faktördür. Diyagonal elemanlar, Schwedler kubbelerde yük aktarımının ve yapısal performansın belirleyici unsurlarından biridir. Tek yönlü veya çift yönlü diyagonal elemanlar kullanılması, yük aktarım prensibini ve sistemin davranışını farklı şekillerde etkiler. Örneğin, çift yönlü diyagonal elemanlar kullanıldığında yüklerin dengeli bir şekilde daha fazla aktarılması sağlanır. Bu, kubbenin asimetrik yükler altında daha stabil kalmasını sağlayabilir. Öte yandan, tek yönlü diyagonal elemanlar kullanıldığında yüklerin tek yönde eşit bir şekilde dağıtılması sağlanır. Bir örnek olarak, bir konferans salonu düşünelim. Schwedler kubbe sistemi, konferans salonunun geniş açıklıklarını kaplayan bir kubbe tasarımı için ideal olabilir. Etek bölümündeki çember kirişleri, salonun duvarlarına bağlı olarak çekme etkisi altında kalırken, tepe kısmındaki çember kirişleri basınç etkisi altında olur. Diyagonal elemanlar, bu yükleri dengeleyerek kubbenin stabil kalmasını sağlar. Ayrıca, çift yönlü diyagonal elemanlar kullanılarak konferans salonundaki ses ve ışık sistemlerinin oluşturduğu asimetrik yüklerin daha iyi bir şekilde aktarılması ve kubbenin dengeli bir yapıya sahip olması sağlanabilir. Bu örnekler, Schwedler tipi çelik çubuklu kubbe sisteminin yapısal davranışının ve yük aktarım prensiplerinin farklı yapı türleri ve kullanım senaryoları üzerinde nasıl etkili olduğunu göstermektedir.

Schwedler tipi çelik çubuklu kubbe sistemi, farklı yük aktarım prensipleriyle değişik yapısal davranışlar sergileyebilir. Örneğin, diyagonal elemanlar aracılığıyla yükün eşit bir şekilde dağıtılması, asimetrik yükler altında kubbenin stabil kalmasına yardımcı olabilir. Bu, büyük açıklıklara sahip yapılarda farklı yük dağılımların oluşabileceği durumlarda önemlidir. Schwedler kubbe sistemi aynı zamanda çevresel yüklere de dayanıklı olabilir. Örneğin rüzgâr yükleri veya kar yükleri gibi dış etkenlerle karşılaşabilir. Diyagonal elemanlar ve çember kirişleri, bu yüklerin kubbe üzerindeki etkilerini dağıtarak yapıyı stabilize eder. Böylece Schwedler kubbe sistemi çevresel yüklerle başa çıkmak için güçlü bir yapısal çözüm sunar. Yine her projenin spesifik ihtiyaçlarına göre Schwedler kubbe sistemi farklı uygulamalarla kullanılabilir. Örneğin sergi salonları, spor tesisleri, fuar alanları, kongre merkezleri gibi geniş açıklıklara sahip yapılar için tercih edilen bir sistemdir. Ayrıca

Schwedler kubbe sistemi estetik açıdan da çekici bir görünüm sunabilir ve yapıya özgün bir karakter kazandırabilir. Schwedler tipi çelik çubuk ağı kubbeleri, yapısal davranışı, performansı ve yük aktarım prensibi açısından bazı avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Özetlemek gerekirse Schwedler tipi çelik çubuk ağı kubbeleri; hafiflik, ekonomiklik ve estetik görünüm gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte, imalat sürecinin karmaşıklığı, hesaplamaların zorluğu ve yapısal sınırlamaları dezavantajları olarak göze çarpar. Schwedler kubbeleri, uygun projelerde kullanıldığında etkileyici yapısal çözümler sunabilir ancak tasarım ve hesaplamaların dikkatli bir şekilde yapılması önemlidir.

## 2.4 Lamella Kubbe

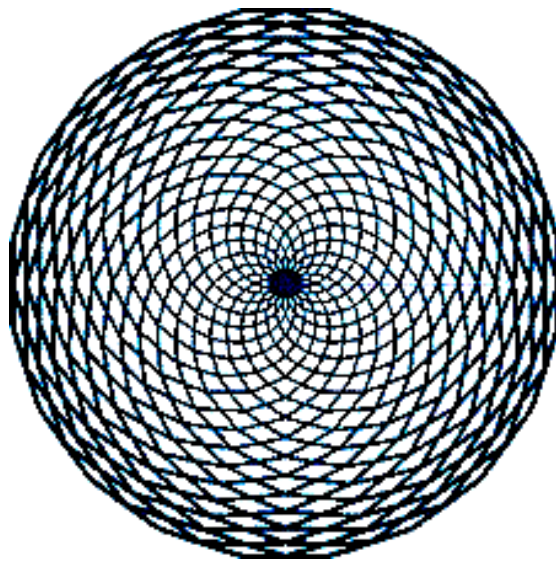
Lamella çatısı, adını Almanya'nın Saxony-Anhalt eyaletine bağlı Merseburg'da görev yapan belediye bina denetçisi Friedrich Zollinger'den almış bir yapı türüdür. Bu yapı tipinde çatı, rombik formda düzenlenmiş tek bir lamelladan oluşan kavisli bir ağ şeklinde inşa edilir. Lamella tipi kubbe, çelik kubbe türlerinden biridir ve genellikle büyük çaplı açık alanların kapatılmasında kullanılan bir yapısal sistemdir. Adını İngilizce 'deki "lamella" kelimesinden alır, bu da "ince dilim" veya "şerit" anlamına gelir. Lamella tipi kubbe, birçok ahşap veya metal şeritten oluşan bir ızgaradan oluşur. Bu şeritler genellikle üçgen ya da eşkenar dörtgen şekilli elemanlar oluşturacak şekilde düzenlenir. Şeritler bir araya getirilerek bir çatı veya kubbe şekli oluşturulur. Bu yapısal sistem, mükemmel bir denge ve mukavemet sağlayarak büyük açıklıkların üstesinden gelmek için kullanılır. Lamella tipi kubbeler, stadyumlar, spor salonları, fuar alanları gibi geniş açıklıklı yapıların yanı sıra, modern inşaat teknikleri ve malzemelerin gelişimiyle birlikte daha yaygın hale gelmiştir. Şekil 10'da gösterilen Astrodome, dünyanın ilk çok amaçlı kapalı spor salonu olarak bilinen ve aynı zamanda lamella tipi kubbenin en iyi örneği olan bir yapıdır. 1965 yılında tamamlanan Astrodome, Teksas Houston'da yer almaktadır ve 220 metre açıklığı ile 63 metre yüksekliğe sahiptir. Kubbenin ana strüktürü, 12 bölüm ve bu bölümleri birleştiren kirişler ile lamella levhalarından oluşmaktadır. Kubbenin alt kısmında ise 72 adet kolonla desteklenen bir çekme halkası bulunmaktadır.



Şekil10. Astrodome, Houston, ABD [1]

### 2.4.1 Lamella kubbe geometrisi

Lamella tipi kubbe, birçok ahşap veya metal şeritten oluşan bir ızgaradan meydana gelen bir yapısal sistemdir. Bu şeritler, genellikle üçgen veya eşkenar dörtgen şekilli elemanları oluşturacak ve birbirini takip edecek şekilde düzenlenir. Her bir şerit, diğerleriyle kesiştiği noktalarda birleştirilir ve bu şekilde bir ağ benzeri yapı oluşturulur. Şekil 11’de lamella tipi kubbe yapısı gösterilmiştir. Lamella tipi kubbenin temel bileşeni şeritlerdir. Ahşap veya metal malzemeden yapılan şeritler, yapıyı taşır ve mukavemet sağlar. Genellikle ince ve uzun şeritler şeklinde tasarlanırlar. Şeritler, birleşme noktalarında bir araya getirilerek bir ağ benzeri yapı oluşturulur. Şeritler, genellikle üçgen veya eşkenar dörtgen şeklindeki elemanlardan oluşan bir düzene sahiptir. Bu geometri, yapıya denge ve mukavemet sağlar. Üçgen elemanlar, yükleri diğer elemanlara aktarır ve yapıyı stabil hale getirir. Üçgenin geometrisi, kuvvetlerin daha etkin şekilde dağıtılmasını sağlar ve yapıya yüksek mukavemet kazandırır. Alternatif olarak, şeritler eşkenar dörtgen şeklindeki elemanlarla düzenlenebilir. Bu elemanlar da farklı geometrik özelliklere sahip açıklıklarda kullanılabilir. Eşkenar dörtgen elemanlar, daha düzenli bir yapı oluşturabilir ve farklı tasarım seçenekleri sunar. Lamella tipi kubbe, büyük açıklıkların üstesinden gelmek için kullanılır. Şeritlerin birleşme noktalarındaki denge ve mukavemet, yükleri etkili bir şekilde taşıyabilme özelliği sağlar. Bu yapısal sistem, hafif ve esnek olmasıyla birlikte enerji verimliliği ve geniş iç mekânlar yaratma avantajına sahiptir. Sonuç olarak, lamella tipi kubbe, çelik veya ahşap şeritlerin birleştirilmesiyle oluşturulan bir yapısal sistemdir. Şeritler, üçgen veya eşkenar dörtgen elemanlar oluşturacak şekilde düzenlenir. Bu elemanlar; yapıya denge, mukavemet ve görsel estetik kazandırır. Lamella tipi kubbe, büyük açıklıklı yapıların kapatılmasında kullanılır ve modern inşaat teknikleriyle birlikte giderek daha popüler hale gelmektedir.



Şekil 11. Lamella tipi kubbe plan örneği

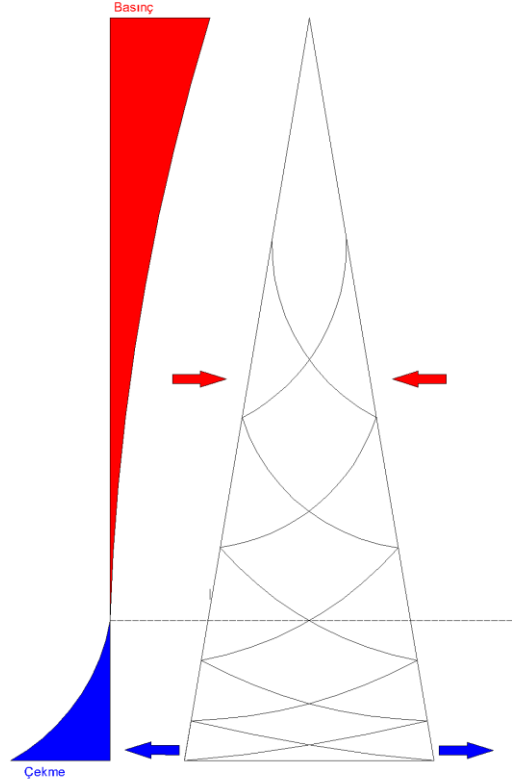
#### 2.4.2 Lamella kubbe yük aktarımı ve yapısal davranışı

Lamella tipi kubbenin yük aktarım prensibi, karmaşık bir yapısal düzenleme ve geometri kullanarak yüklerin etkili bir şekilde taşınmasını ve kuvvetlerin dengeli bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Bu prensipler, lamella kubbenin dayanıklılığını ve mukavemetini sağlamak için önemlidir. Lamella kubbenin yük aktarım mekanizması, şeritlerin birbirine bağlanması ve geometrik düzenlemelerin kullanılmasıyla gerçekleştirilir. İlk olarak, şeritler genellikle üçgen veya dörtgen şekilli elemanlar oluşturacak şekilde düzenlenir. Bu elemanlar, yüklerin şeritler boyunca etkili bir şekilde iletilmesini ve gerilmelerin doğru yönlendirilmesini sağlar. Üçgen veya dörtgen elemanlar, kuvvetlerin daha etkin bir şekilde dağıtılmasına yardımcı olur ve yapıya ekstra mukavemet kazandırır. Şeritlerin birleşim noktaları, yük aktarımında önemli bir rol oynar. Bu noktalarda, şeritler birleşerek yapıya entegre olurlar ve kuvvetlerin eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlarlar. Yükler, bir şeritten diğerine aktarılır ve sonunda temel veya destek noktalarına yönlendirilir. Bu sürekli yük yolu prensibi, kuvvetlerin kesintisiz bir şekilde taşınmasını ve yapıya daha yüksek mukavemet kazandırılmasını sağlar. Ayrıca, lamella kubbenin yük aktarımında şeritlerin çaprazlama birleştirilmesi ve eklemler arasındaki sürtünme de önemli bir rol oynar. Bu çaprazlama birleştirme, şeritlerin birbirine sağlam bir şekilde bağlanmasını ve yapıya ekstra dayanıklılık sağlamasını sağlar. Eklemler arasındaki sürtünme ise yüklerin dağıtılmasında önemli bir rol oynar ve kuvvetlerin dengeli bir şekilde yayılmasını sağlar.

Lamella kubbenin yük aktarım prensipleri, yapıyı büyük açıklıklara karşı mukavemetli hale getirir. Şeritlerin birbirine bağlanması, geometrik düzenlemeler ve sürekli yük yolu prensipleri sayesinde kubbe, yükleri etkili bir şekilde taşır, gerilmeleri yönlendirir ve kuvvetleri dengeli bir şekilde dağıtır. Bu da lamella kubbenin geniş iç mekânlar yaratma kabiliyetiyle birlikte büyük açıklıkları kapatma ve dayanıklı yapılar oluşturma avantajını sağlar. Şekil 12’de lamella kafesinde şerit açılarına göre oluşan yük gerilme dağılımları gösterilmiştir.

Lamella kubbe tasarımında, kubbenin bölgesel yatay direncini artırmak için kullanılan geometrik şekiller eşkenar dörtgen veya üçgen gibi düzenli yapıları ifade eder. Bu geometrik şekiller, kubbenin etek bölgesinde daha dik bir açıyla yerleştirilir, bu da çekme direncinin arttığı bölgelerde daha fazla mukavemet sağlar. Bu tasarım, çekme gerilmesi ile daha etkili bir şekilde başa çıkabilen ve yük taşıma kapasitesini artıran bir eksen ile yükü dağıtmak için kullanılır. Kubbenin tepe noktasına doğru ilerledikçe geometrik şekillerin açıları artırılır. Bu şekilde, basınç bölgesinde daha fazla ve burkulma uzunluğuna daha geniş bir kesit oluşturulur. Bu tasarım prensibi, kubbenin yük aktarımını optimize ederek dayanıklılığını artırır. Geometrik şekillerin farklı açılarla yerleştirilmesi, kubbenin mekanik kuvvetlerini dengeler ve gerilme noktalarını etkili bir şekilde yönlendirir. Bu da kubbenin yükleri etkili bir şekilde taşınmasını sağlar ve yapıya daha büyük bir dayanıklılık kazandırır. Lamella

kubbe, bu tasarım yaklaşımı sayesinde geniş açıklıkları kapatırken, dayanıklı bir yapı oluşturur. Estetik görünümü ve sağlam yapısıyla, modern yapı tasarımlarında tercih edilen bir seçenek haline gelir.



**Şekil 12.** Lamella kubbe sisteminin bir kafesinde oluşan yük dağılımı ve dairesel şerit açılarının gösterimi

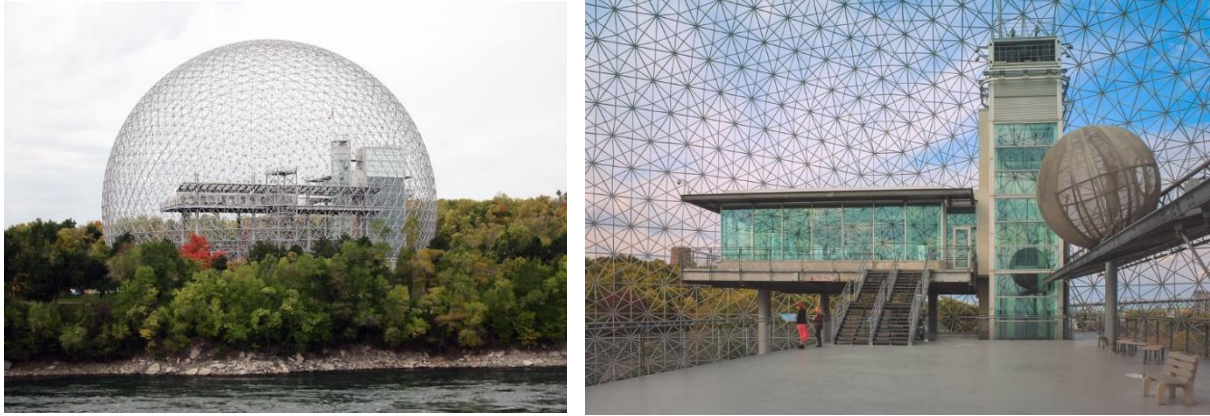
Lamella kubbenin yapısal davranışı, yük dağılımı, geometri ve kullanılan malzemelerin birleşimiyle birlikte çalışır. Ahşap veya metal şeritlerin kullanılması, yapıya gerekli mukavemeti sağlar. Ahşap şeritler, doğal bir dayanıklılığa sahip olup estetik bir görünüm sunar. Metal şeritler ise daha yüksek mukavemete ve yapısal stabiliteye sahiptir. Bu malzemeler, kubbenin yük taşıma kapasitesini artırır ve yapıya dayanıklılık kazandırır. Bu yapı, büyük açıklıkları kapatma ve mukavemet gerektiren yapılar için ideal bir seçenek olmasını sağlar. Yüklerin homojen bir şekilde dağıtılması, gerilmelerin yönlendirilmesi ve kuvvetlerin dengeli bir şekilde aktarılması, lamella kubbenin dayanıklılığını ve yapısal stabilitesini sağlar.

Sonuç olarak, lamella tipi kubbenin yük aktarım prensipleri, karmaşık geometrik düzenlemeler ve şeritlerin birleştirilmesiyle sağlanır. Bu prensipler sayesinde yükler etkili bir şekilde taşınır, gerilmeler yönlendirilir ve kuvvetler dengeli bir şekilde dağıtılır. Lamella kubbenin dayanıklılığı ve mukavemeti, bu yük aktarım prensiplerine dayanır ve büyük açıklıkları kapatabilme yeteneğiyle yapısal açıdan önemli bir seçenek haline gelir.

## 2.5 Jeodezik Kubbe

Jeodezik kubbe, çelik kubbe türlerinden biridir ve yüksek dayanıklılığa sahip olan bir yapısal tasarımı temsil eder. İsmi, matematiksel bir terim olan "jeodezi"den gelir, bu terim yeryüzünün şekillerini inceleyen bir bilim dalını ifade eder. Jeodezik kubbeler, yüzeylerini oluşturan üçgenlerin veya çokgenlerin birleşimiyle oluşturulan bir yapısal ağa sahiptir. Jeodezik kubbelerin ilk tasarımı, Amerikalı mühendis ve mimar R. Buckminster Fuller tarafından gerçekleştirilmiştir. Fuller, 20. yüzyılın ortalarında bu yeni yapısal formu geliştirmiş ve patentini almıştır. İlk olarak 1950'lerde yapılan deneysel modelleri ve sonrasında gerçekleştirilen projeleri ile jeodezik kubbeler tanınmış hale gelmiştir. Jeodezik kubbelerin ilk olarak kullanıldığı yerlerden biri Şekil 13'de gösterilen 1956 yılında Montreal'de gerçekleştirilen Expo 67 fuarında yer alan Amerika Birleşik Devletleri Pavyonu'dur. Bu yapı, 20 yıl boyunca kullanılan ve yüksek çekme mukavemetine sahip çelik elemanlardan oluşan bir çift katmanlı jeodezik kubbe olarak inşa edilmiştir. Expo 67 fuarı, jeodezik kubbelerin popüler hale gelmesini sağlayan etkinliklerden biri olmuştur.

Jeodezik kubbelerin kullanım alanı oldukça geniştir. Bu yapılar, stadyumlar, sergi salonları, havaalanları, hayvanat bahçeleri, seralar, açık hava etkinlik alanları ve geçici barınaklar gibi birçok farklı alanda kullanılabilir. Ayrıca, jeodezik kubbelerin hafifliği, taşınabilirliği ve kolay montajı, acil durum barınakları veya geçici konutlar gibi geçici ihtiyaçların karşılanması için de ideal bir seçenek olmaktadır.

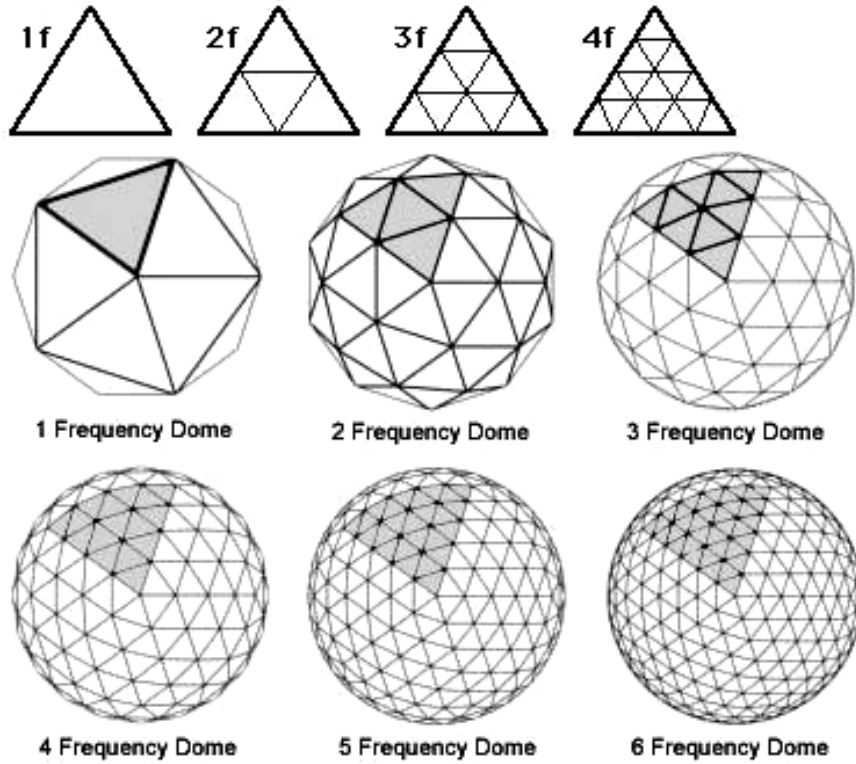


Şekil 13. EXPO 67 biosphere, Montreal, Kanada

Jeodezik kubbelerin kullanım alanı çoğunlukla mimari yapılar ve etkinlik mekânlarıdır. Bu yapılar, estetik görünüşleri ve sağlamlıklarıyla dikkat çekerken, aynı zamanda büyük açıklıkları kapatma ve yüksek mukavemet gerektiren projelerde de etkili bir çözüm sunarlar.

### 2.5.1 Jeodezik kubbe geometrisi

Jeodezik kubbenin geometrisi, karmaşık bir yapıya sahiptir ve yüzeyini oluşturan üçgenlerin veya çokgenlerin birleşimiyle oluşan bir ağa dayanır. Genellikle düzenli şekillerden oluşan elemanlar kullanılarak kubbenin yüzeyi oluşturulur. Bu elemanlar genellikle çubuk veya boru şeklinde olan çelik malzemedan imal edilir. Şekil 14’de jeodezik kubbe yapıları gösterilmiştir.



Şekil 14. Kubbe yüzeyindeki geometrik şekil sayısının kubbe eğriliğine etkisi

Jeodezik kubbenin geometrisi, iki temel prensibe dayanır: Doğrusal olmayan bir yüzey ve minimum malzeme kullanımı. Doğrusal olmayan yüzey, kubbenin gerilme ve deformasyon kuvvetlerini daha iyi yönetmesini sağlar. Üçgen veya çokgen elemanların birleşimi, yüzeyin eğriliğini artırır ve kubbenin dayanıklılığını artırır.

Çelik elemanlar, jeodezik kubbenin ana taşıyıcı elemanlarıdır ve geometrik düzenlemeyle birbirlerine bağlanarak yapıyı oluştururlar. Çubuk veya boru şeklindeki elemanlar, yüksek çekme mukavemetine sahip çelik malzemedan imal edilir. Bu malzeme, kubbenin güçlü ve sağlam olmasını sağlar. Elemanlar, geometrik düzenlemeye göre birleştirilir ve birçok noktada kesişerek sağlam bir yapı oluştururlar. Bu çaprazlama, yükleri homojen bir şekilde dağıtarak kubbenin dayanıklılığını artırır.

Çelik elemanların görevi, yükleri taşımak ve kubbenin stabilitesini sağlamaktır. Elemanlar, gerilmeleri yönlendirerek yükleri diğer elemanlara iletmek ve yapıyı dengelemek için tasarlanmıştır. Jeodezik kubbelerde her bir elemanın bir diğeriyle kesiştiği noktalar, bağlantı düğümleri olarak adlandırılır. Bu düğümler, elemanların bir arada kalmasını sağlayarak yapıya bütünlük katar. Elemanların düğümlerde birleştiği noktalarda kaynak, cıvata veya vida gibi bağlantı elemanları kullanılır.

Jeodezik kubbenin geometrisi ve kullanılan çelik elemanlar, yapıya yüksek dayanıklılık, mukavemet ve stabilite kazandırır. Bu özellikler, kubbenin geniş açıklıkları kapatma, yüksek rüzgar veya kar yükleri gibi zorlu koşullarla başa çıkabilme yeteneği sağlar. Ayrıca jeodezik kubbelerin estetik görünümü ve taşınabilirliği, birçok farklı kullanım alanında tercih edilmesini sağlar. Spor alanları, sergi salonları, etkinlik mekânları, geçici barınaklar ve seralar gibi birçok alanda jeodezik kubbelerin kullanımına rastlanır. Kubbe, taşıyıcı sistem üzerine ya da direk zemine de ankrajlanarak kullanılabilir. Bu kullanım genişliği bu kubbe yapısını küçük boyutlardan büyük boyutlara kadar kullanım avantaj sağlar.

### **2.5.2 Jeodezik kubbe yük aktarımı ve yapısal davranışı**

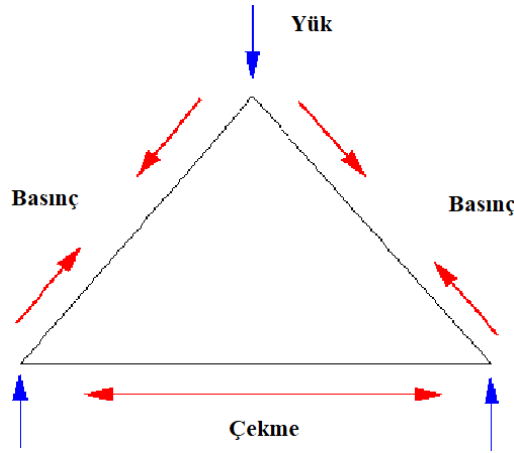
Jeodezik kubbenin yük aktarım prensibi, çelik elemanların yüksek mukavemeti ve geometrik düzenlemesi sayesinde sağlanır. Çelik elemanlar, kubbenin ana taşıyıcıları olarak görev yapar ve yüklerin etkili bir şekilde iletilmesini sağlar. Bu elemanlar, çekme ve basma mukavemetine sahip olup yükleri taşımak için optimum performans sergiler.

Yük aktarımı, elemanların doğru bir şekilde birleştirilmesi ve geometrik düzenlemenin sağlanmasıyla gerçekleşir. Jeodezik kubbenin geometrisi, düzenli üçgen veya çokgen elemanların bir araya gelmesiyle oluşur. Elemanlar, birbirlerine bağlandıkları noktalarda düğümler oluşturur. Bu düğümler, elemanların kesiştiği noktalardır ve yük aktarımının merkezidir. Şekil 15’de üçgen formunun yük aktarım gösterimi verilmiştir. Elemanların düğümlerde birleştiği noktalarda kullanılan bağlantı elemanları, yüklerin doğru bir şekilde aktarılmasını sağlar. Bu bağlantı elemanları, genellikle kaynak, cıvata veya vida gibi yöntemlerle elemanları bir arada tutar. Bağlantı elemanlarının dayanıklılığı, yüklerin güvenli bir şekilde transfer edilmesini sağlar. Yükler, jeodezik kubbenin geometrisi ve bağlantı elemanları aracılığıyla elemanlardan düğümlere ve nihayetinde temel noktalara aktarılır. Çekme kuvvetleri, sistemin etek bölümündeki elemanların eksenleri doğrultusuna paralel yönde oluşur ve düğümlerde toplanır. Basma kuvvetleri özellikle kubbenin tepe noktasındaki elemanların doğrultusu boyunca oluşur ve yine düğümlerde denge sağlanır. Jeodezik kubbenin yük aktarım prensibi, elemanların doğru bir geometrik düzenleme ile birbirine bağlanması ve düğümler



aracılığıyla yüklerin iletilmesini sağlayan bağlantı elemanlarının kullanılmasıyla mümkün olur. Bu prensip, kubbenin geniş açıklıkları kapatma, yüksek dayanıklılık gerektiren projelerde kullanma ve yüklerin etkin bir şekilde dağılmasını sağlama avantajlarına sahiptir.

Jeodezik kubbenin yapısal davranışı, geometrisi ve çelik elemanların bir araya gelmesiyle belirlenir. Bu yapısal sistem, dağıtılmış yük taşıma prensibine dayanır. Kubbenin geometrisi, yükleri düzenli bir şekilde dağıtarak taşır. Üçgen veya çokgen elemanların birleşimiyle oluşan kubbe, yükleri daha küçük parçalara böler ve böylece yüklerin bir noktada yoğunlaşmasını engeller. Bu da kubbenin genel dayanıklılığını artırır. Jeodezik kubbenin yapısal davranışı aynı zamanda yüksek mukavemet ve dayanıklılık özelliklerini de içerir. Çelik elemanlar, kubbenin ana taşıyıcıları olarak görev yapar ve yüksek çekme ve basma mukavemetine sahip olduğundan kubbenin yük taşıma kapasitesini artırır. Bu elemanlar, yükleri etkin bir şekilde ileterek kubbenin dayanıklılığını sağlar. Yapısal davranış, kubbenin yük altında nasıl tepki verdiğini de kapsar. Jeodezik kubbe, yükleri homojen bir şekilde dağıtarak dengeli bir yapı oluşturur. Yükler, çelik elemanlar aracılığıyla düğümlere ve nihayetinde temel noktalara aktarılır. Bu sayede kubbe, yüklerin etkin bir şekilde transfer edildiği ve yapının dengeli bir şekilde tepki verdiği bir yapısal sistem haline gelir. Jeodezik kubbenin yapısal davranışı, geometrik düzenleme ve çelik elemanların yüksek mukavemeti ve dayanıklılığı sayesinde yüksek performans sağlar. Bu yapısal sistem, geniş açıklıkları kapatma, yüksek rüzgâr veya kar yüklerine karşı direnç gösterme gibi zorlu koşullarda başarılı bir şekilde kullanılabilir. Aynı zamanda estetik bir görünüm sunması ve taşınabilir olması gibi avantajlarıyla da tercih edilen bir yapısal çözümdür.



Şekil 15. Jeodezik kubbelerde kullanılan üçgen formunun yük aktarım gösterimi

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma kapsamında, radyal nervürlü kubbe, schwedler kubbe, lamella kubbe ve jeodezik kubbe olmak üzere dört farklı çelik çubuk ağı kubbe modelinin yük aktarım prensipleri, sistem inşası, malzemeleri, dayanıklılığı ve kullanımıyla ilgili önemli bulgular elde edilmiştir.

Radyal nervürlü kubbe, yük aktarımında etkileyici bir dayanıklılık sağlamaktadır. Yüklerin merkeze doğru aktarılması sayesinde, kubbenin taşıma kapasitesi artmakta ve yapıya güçlü bir destek sağlanmaktadır. Bu özelliği sayesinde, radyal nervürlü kubbe genellikle büyük açıklıklı yapıların inşasında tercih edilmektedir. Örneğin, stadyumlar, spor salonları ve konser mekânları gibi geniş bir alana ihtiyaç duyan yapılar için ideal bir seçenektir.

Schwedler kubbe ise yükleri bir çubuk ağı kullanarak daha dengeli bir şekilde dağıtmaktadır. Bu da kubbenin taşıma kapasitesini artırırken yapıya daha dengeli bir yük dağılımı sağlar. Schwedler kubbe, çeşitli yapı tiplerinde kullanılabilir ve estetik açıdan da çekici bir seçenek olarak öne çıkar. Özellikle köprüler, fuar alanları ve ticari yapılar gibi çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Lamella kubbe, özel bir kaplama tekniği ve kubbe şeritlerinin bölgesel açıları ile yükleri sürekli bir şekilde aktarırken estetik bir görünüm sağlamaktadır. Çelik çubukların birbirine bağlanması ve özel bir kaplama malzemesi ile kubbeyi oluşturma süreci, yapıya hem dayanıklılık hem de estetik bir görünüm kazandırmaktadır. Lamella kubbe, özellikle mimari açıdan önemli yapıların tasarımında tercih edilen bir seçenektir.

Jeodezik kubbe ise üçgenlerden oluşan ağ yapısıyla yükleri tüm yapının üzerine eşit bir şekilde dağıtmaktadır. Bu yapısal özellik, kubbenin yüksek dayanıklılığını ve taşıma kapasitesini sağlar. Jeodezik kubbe, genellikle spor tesisleri, sergiler ve kongre merkezleri gibi büyük açıklıklı yapılar için tercih edilen bir çözümdür.

Bu bulgulara dayanarak her bir kubbe modelinin avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur. Örneğin radyal nervürlü kubbe büyük açıklıklı yapılar için daha uygunken schwedler kubbe çeşitli uygulama alanlarında tercih edilebilir. Lamella kubbe estetik bir görünüm sunarken jeodezik kubbe ise yükleri eşit bir şekilde dağıtarak yüksek dayanıklılık sağlar. Bununla birlikte, her bir kubbe modelinin kullanımıyla ilgili belirli şartlar göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin radyal nervürlü kubbe geniş açıklıkların olduğu yapılar için uygun olsa da geniş açıklıklarda radyal giriş kesiti artacağından yapı maliyeti artabilir. Schwedler kubbe, daha esnek bir yapıya sahip olduğu için farklı açıklıklara ve tasarımlara uyum sağlayabilir. Lamella kubbe ise özel kaplama teknikleri ve malzemeler gerektirebilirken estetik bir görünüm sunmasıyla dikkat çekmektedir. Jeodezik kubbe ise genellikle

küçük ve orta büyüklükteki açıklıklı yapılar için tercih edilmekte olup mükemmel bir yük dağılımı ve dayanıklılık sağlamaktadır.

Bu bulgular, mimarlar ve mühendisler için çelik çubuk ağı kubbe modellerinin seçiminde yol gösterici olacaktır. Projenin gereksinimleri, yapısal tasarım, estetik kaygılar ve montaj süreci gibi faktörler göz önünde bulundurularak en uygun kubbe modelinin seçilmesi önemlidir. Bu bulgular, gelecekteki araştırmaların bu kubbe modellerinin performansını ve uygulama alanlarını daha da geliştirmek için odaklanabileceği noktaları belirlemektedir. Ayrıca yapısal mühendislik alanında çelik çubuk ağı kubbelerin geliştirilmesine ve optimize edilmesine yönelik gelecekteki çalışmalar için bir temel oluşturmaktadır. Yük aktarım prensipleri, malzeme seçimi, montaj süreci ve dayanıklılık gibi önemli faktörlerin daha ayrıntılı şekilde incelenmesi, bu kubbe modellerinin performansını daha da artırabilir. Özellikle yeni malzeme teknolojileri, daha verimli yapısal tasarımlar ve gelişmiş analitik yöntemler, çelik çubuk ağı kubbelerin daha hafif daha dayanıklı ve daha esnek olmasını sağlayabilir. Bu bulguların mimari ve mühendislik uygulamalarında pratik faydaları da vardır. Örneğin, büyük açıklıklı yapılar için radyal nervürlü kubbe veya jeodezik kubbe gibi kubbe modelleri, daha az sütun ve duvar kullanımıyla daha geniş iç mekânlar yaratılmasına olanak tanır. Bu da esnek kullanım alanları sunar ve iç mekân tasarımlarında daha fazla özgürlük sağlar. Ayrıca çelik çubuk ağı kubbeler, yüksek dayanıklılıkları ve taşıma kapasiteleri sayesinde deprem ve rüzgâr gibi doğal etkilere karşı güçlü bir direnç gösterir.

Sonuç olarak bu çalışma, radyal nervürlü kubbe, schwedler kubbe, lamella kubbe ve jeodezik kubbe olmak üzere dört farklı çelik çubuk ağı kubbe modelinin yük aktarımı prensipleri, sistem inşası, malzeme seçimi ve dayanıklılığı üzerine ayrıntılı bir şekilde incelemiştir. Her bir kubbe modelinin avantajları, dezavantajları ve kullanım alanları belirlenerek mimarlar ve mühendisler için yapılarda doğru seçimler yapmalarına yardımcı olmuştur. Bu bulgular, gelecekteki çalışmaların çelik çubuk ağı kubbelerin performansını daha da geliştirmek ve yeni uygulama alanları keşfetmek için odaklanabileceği noktaları belirlemektedir.

#### **4. SONUÇLAR**

Bu makalenin amacı, çelik çubuk ağı kubbelerin farklı modelleri olan radyal nervürlü kubbe, schwedler kubbe, lamella kubbe ve jeodezik kubbenin yük aktarım prensiplerini ve performanslarını incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, her bir kubbe modeli detaylı bir şekilde analiz edilmiş, yük aktarımı, sistem inşası, malzeme seçimi ve dayanıklılık gibi kritik faktörler üzerinde odaklanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, çelik çubuk ağı kubbelerin farklı modellerinin avantajlarını ve dezavantajlarını şu şekilde ortaya koymuştur:

1. Radyal nervürlü kubbeler, yüklerin merkeze doğru aktarılmasını sağlayarak etkileyici bir dayanıklılık sunmaktadır. Özellikle merkezi yük taşıyan yapılar için uygundur. Dezavantaj olarak dışarıdan bakıldığında estetik açıdan sınırlıdır ve büyük açıklıkları kapatmak için daha fazla çelik malzeme gerekebilir dolayısıyla daha maliyetli olmaktadır.
2. Schwedler kubbeler, yükleri çubuklardan oluşan bir ağ ağı kullanarak daha dengeli bir şekilde dağıtır. Büyük açıklıkların üstesinden gelmek için uygundur. Ancak yapının içinde daha fazla destek gerektirebilir bu da iç mekân tasarımını kısıtlayabilir.
3. Lamella kubbeler, özel kaplama tekniği ile yükleri sürekli bir şekilde aktarırken estetik bir görünüm sağlamaktadır. Estetik tasarımın önemli olduğu yerlerde tercih edilebilir. Dezavantaj olarak büyük açıklıklar için uygun olmayabilir ve kaplama tekniği daha fazla maliyet gerektirebilir.
4. Jeodezik kubbeler, üçgen ve çeşitli geometrik şekillerden oluşan ağ yapısıyla yükleri tüm yapının üzerine eşit bir şekilde dağıtmaktadır. Büyük açıklıkların kapatılması ve yükün homojen dağıtılması için idealdir. İnşaat süreci karmaşıktır ve daha fazla hesaplama gerektirebilir, ayrıca yüzey kaplaması ve detaylar ek maliyetler getirebilir.

Bu makalenin sonuçları gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturur. Çelik çubuk ağı kubbelerin daha da geliştirilmesi ve optimize edilmesi için malzeme teknolojileri, yapısal analiz yöntemleri ve inşaat teknikleri gibi alanlarda daha fazla çalışma yapılabilir. Özellikle çevre dostu malzemelerin kullanımı, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması, çelik çubuk ağı kubbelerin gelecekteki uygulama alanlarını genişletebilir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı da göz ardı edilemez. Çelik çubuk ağı kubbelerin farklı modellerinin yük aktarım prensiplerini ve performanslarını sistematik bir şekilde analiz etmek, daha önceki çalışmalara ek bir bilgi sağlamaktadır. Çelik çubuk ağı kubbelerin yapısal tasarımlarında kullanılan malzemeler, inşaat teknikleri ve dayanıklılık gibi konulara odaklanmaktadır. Bu bilgiler gelecekteki araştırmaların ve yapısal tasarımların daha ileriye gitmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca, bulgularımızın mimari uygulamalara yönelik önemli sonuçları vardır. Her bir kubbe modelinin avantajları ve dezavantajları, farklı uygulama alanlarında kullanımını etkilemektedir. Örneğin büyük açıklıklı yapılar için radyal nervürlü kubbe veya jeodezik kubbe gibi modeller, geniş iç mekânlar yaratma ve daha az yapısal eleman kullanma avantajı sunmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, çelik çubuk ağı kubbelerin farklı modellerinin yük aktarım prensiplerini, sistem inşası, malzeme seçimi ve dayanıklılığını ayrıntılı bir şekilde incelemiştir. Bulgular, mimarlar ve mühendisler için doğru seçimler yapmalarına yardımcı olacak rehberlik bilgileri sunmaktadır. Literatüre katkı sağlayan bu çalışma, çelik çubuk ağı kubbelerin gelecekteki gelişimi için

bir temel oluşturmakta ve mimari uygulamalarda kullanımlarını genişletebilecek potansiyellerini ortaya koymaktadır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

## ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Mehmet Ali BEKTAŞ: Yazma ve düzenleme, verilerin düzenlenmesi, metodoloji, veri toplama, test ve kontrol. Mehmet Sedat HAYALİOĞLU: Gözetim ve liderlik sorumluluğu, analiz, veri düzenleme, inceleme ve sonuçların yorumlanması.

## KAYNAKLAR

- [1] M. A. Bektaş, "Çelik uzay kafes kubbe sistemlerinin Türkiye bina deprem yönetmeliği ve Türk çelik yapılar tasarım yönetmeliğine göre analiz ve tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, 2023.
- [2] N. Subramanian, *Principles of space structures*. New Delhi: Wheeler Publishing, 1999.
- [3] S. P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger, *Theory of Plates and Shells*. Singapore: McGraw-Hill, 1959.
- [4] S. P. Timoshenko, *Theory of Elastic Stability*. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc, 1961.
- [5] C. M. Papadopoulos and M. T. LoRicco, "Symmetry-adapted computation: a case study of the bucharest dome," Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montreal, Canada, June 14-16, 2006.
- [6] K. Soykan, "Çelik uzay kubbe sisemlerin ağırlıkça optimum dizaynı," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2007.
- [7] C. Çiftçi, "Stability of steel dome structures," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [8] G. Yılmaz, "Tek katmanlı uzay kafes kubbelerde berkitme elemanı kullanımının tasarıma etkisinin belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye, 2021.

- [9] A. Adnanoğlu, "Farklı açıklıklara sahip dolu gövdeli kubbe kafes sistemler ile dairesel boşluklu kubbe kafes sistemlerin tasarım ve maliyet karşılaştırılması," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye, 2022.
- [10] K. E. Kurrer, *The History of the Theory of Structures: Searching for Equilibrium*. Berlin, Germany: Ernst & Sohn, 2018.
- [11] A. Baskı, *Kubbe Yapıları*. (2023). Erişim Tarihi: 31.07.2023. [Online]. <http://www.artnova.com.tr/>.





*Copyright © 2023 Bektaş and Hayalioğlu. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).*



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## **GSR Analysis by Spectrophotometry Method in Forensic Chemistry**

### *Adli Kimyada Spektrofotometri Metoduyla GSR Analizi*


Gökhan TEKİN<sup>1</sup> , Ercan SEYHAN<sup>2,\*</sup> , Isil AYDIN<sup>3</sup> , Fırat AYDIN<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> *Istanbul Regional Police Forensic Science Laboratory, 34303 Istanbul, Türkiye*

<sup>2</sup> *Hasan Kalyoncu University, Engineering Faculty, 27100 Gaziantep, Türkiye*

<sup>3</sup> *Dicle University, Pharmacy Faculty 21280 Diyarbakır, Türkiye*

<sup>4</sup> *Dicle University, Science Faculty 21280 Diyarbakır, Türkiye*

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1356588>

#### **MAKALE BİLGİSİ**

##### **Makale Tarihi**

*Alınış, 07 Eylül 2023*

*Revize, 04 Ekim 2023*

*Kabul, 16 Ekim 2023*

*Online Yayınlama, 11 Aralık 2023*

##### **Anahtar Kelimeler**

*Adli Kimya, GSR, Antimon, GAAFS, SEM/EDS.*

#### **ARTICLE INFO**

##### **Article History**

*Received, 07 September 2023*

*Revised, 04 October 2023*

*Accepted, 16 October 2023*

*Available Online, 11 December 2023*

##### **Keywords**

*Forensic Chemistry, GSR, Antimony, GAAFS, SEM/EDS.*

#### **ABSTRACT**

This study was conducted to analyze residual shots from forensic chemistry applications. The entire analysis process was evaluated with Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM/EDS) and, Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS) devices, which are among the methods for obtaining efficient results, and positive results were tried to be obtained by comparison. Following the study, it was discussed which results were more appropriate; in particular, the samples' appropriateness for reanalysis was underlined. The presence of shot residues on all samples was determined in the analyses performed with the SEM/EDS device. When the same samples were analyzed with the GFAAS device, the results remained below the threshold value of 10 µg/L, which is the antimony concentration indicating the presence of shot residues. It should be noted that the values we obtained may vary with the size and weight of the shot residue particles. Due to the ease of sample collection, the capacity to identify elements other than gunshot residues on the sample under examination, and the circumstances surrounding the determination of particles below the threshold value, the analysis method utilizing the SEM/EDS device has been deemed more suitable despite its higher cost.

#### **ÖZ**

Bu çalışma, adli kimya uygulamalarından atış artıkları analizlerine yönelik olarak yapılmıştır. Verimli sonuçlar elde etme yöntemlerinden olan Enerji Dağılımlı X-Işını Analizörlü Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDS) ve Grafit Fırınli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (GFAAS) cihazları ile analiz sürecinin tamamı değerlendirilmiş, elde edilen verilerin mukayeseleri yapılarak olumlu sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Analiz işlemi bitiminde hangi sonuçların daha sağlıklı olduğu ele alınmış,

**\*Corresponding Author**

**E-mail Addresses:** [gokhan.tekin@hotmail.com](mailto:gokhan.tekin@hotmail.com) (Gökhan TEKİN), [ercan.seyhan@hku.edu.tr](mailto:ercan.seyhan@hku.edu.tr) (Ercan SEYHAN),

[iaydin@dicle.edu.tr](mailto:iaydin@dicle.edu.tr) (Işıl AYDIN), [faydin@dicle.edu.tr](mailto:faydin@dicle.edu.tr) (Fırat AYDIN)

numunelerin özellikle tekrar analiz etmeye uygunluğu üzerinde durulmuştur. SEM/EDS cihazı ile yapılan analizlerde tüm numuneler üzerinde atış artıklarının varlığı belirlenmiş, ancak aynı numuneler GFAAS cihazı ile analiz edildiğinde sonuçlar, atış artıkları varlığına işaret eden antimon derişimi olan 10 µg/L'lik eşik değerin altında kalmıştır. Elde ettiğimiz değerlerin atış artığı taneciklerinin büyüklük ve ağırlıklarıyla değişkenlik gösterebileceği unutulmamalıdır. SEM/EDS cihazı ile analiz yöntemi her ne kadar maliyetli bir yöntem olsa da numune toplamadaki kolaylık, analiz sürecine ekstra hiçbir işlem yapmadan geçiş ve analizlemede numune üzerindeki atış artıkları haricindeki başka elementleri de tespit etme özelliği ile derişimi eşik değerin altındaki tanecikleri de belirleme durumlarından dolayı daha uygun olduğu değerlendirilmiştir.

## 1. INTRODUCTION

Firearms-related incidents are among the most dangerous and often deadly ones that law enforcement agencies must investigate. Because certain residues may be found on a person's hands or clothing, gunshot residue analysis, or GSR, is generally a method used to assess whether a human discharged the pistol. The main elements formed in gunshot residue are lead (Pb), barium (Ba), and antimony (Sb). These main elements are commonly found together. Aluminum (Al), sulfur (S), tin (Sn), calcium (Ca), potassium (K), Chlorine (Cl), copper (Cu), strontium (Sr), zinc (Zn), titanium (Ti), or silicon (Si) can also be found [1]. It should not be forgotten that with the detonation of a weapon, not only the person who pulls the trigger, but also those who are close to it, can form shot residue on it, and this should be considered in forensic evaluations [2]. The elemental analysis and imaging systems were used to determine Ba, Pb, and Sb. When determining the GSR on the skin, clothing, wound entrance, or any other material discovered on the target, SEM/EDX is regarded as a reliable tool [3].

The SEM-EDX method provides both morphological data and particle compositions [4]. For this reason, this imaging and detection technique is gaining acceptance in forensic laboratories. The detected particles are classified on their distinctive morphology and elemental composition. One of the most crucial phases of the analysis is the transfer of GSR from the surfaces [5]. The transfer mechanism must be straightforward, easily implementable, trustworthy, and safe for human health. The collection efficiency of adhesive stubs for positive GSR results is statistically significant. So the probable reasons for this are regarded [6].

Establishing the conditions for sample preparation and analysis necessitates evaluating the sample origin. SEM/EDX analysis requires carbon/gold coating to increase the sampling period and to keep the whole analysis period shorter. The electronic charge observation throughout the automatic run is fewer. By using environmental SEM or an SEM operation with low-voltage mode,



the non-conducting specimens can be imaged uncoated. Inversely, the GFAAS analysis methods are minimally affected by sample conditions. So GFAAS methods for the determination of Sb, Ba, and Pb at gunshot residue are relatively simple and cheap. However, the morphological structure of the GSR particle cannot be taken into consideration by GFAAS analysis. Therefore, the likelihood of a false-positive result is increased. To avoid this circumstance, it is crucial to identify the sample sources [7]. The morphological and elemental indicators can individuate each ammunition from others. Therefore, by reducing unintentional sample contamination, a firearm discharging a round, round case, and bullet components can be recognized. [8].

Thirteen distinct samples from six different weapons were examined for our study. Antimony was used for this study because it had a lesser risk of contamination than both Pb and Ba. GFAAS and SEM/EDX have determined all the components of interest in gunshot residue by stubbing method.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Instrumentation

The AAS (PerkinElmer® AAnalyst™ 600) equipped with a background corrector (Zeeman), a graphite furnace with THGATM pyrolytically coated graphite tubes, and an autosampler (PerkinElmer AS-800 autosampler) were optimized with operational circumstances and analytical criteria listed in Table 1.

**Table 1.** Sb analysis instrument operating conditions.

INSTRUMENTATION		A PerkinElmer® AAnalyst™ 600 AAS			
Lamp		A PerkinElmer® Lumina™ Sb			
Wavelength		217,6 nm			
Slit Width		0,7 nm			
Dispensed Sample Volume		20 µL			
Step	Temperature (°C)	Ramp Time (s)	Hold Time (s)	Argon Gas Speed (L/s)	
1	110	1	20	0,25	
2	130	15	20	0,25	
3	700	10	15	0,25	
4	2300	0	5	0	
5	2450	1	3	0,25	
TOTAL PROGRAM TIME: 90 s					

Zeiss Co., United Kingdom, Zeiss EVO LS-15 with X-Max 50 X-Ray Detector (SEM/EDS) was used for imaging and other elemental analysis. The operating circumstances are ideal, as shown in Table 2.

**Table 2.** SEM/EDS Operating Conditions for stubbed swap analysis.

Voltage	15.0 kV
Working Distance	39 mm
Take-off Angle	35.0°
Distance	39mm
Elapsed Lifetime	100.0 s

## 2.2 Standart Solutions and Reagents

Sb standard solution of 1000 mg L<sup>-1</sup> for AAS from E. Merck (Darmstadt, Germany) was purchased. New Human Power I Scholar-UV (Human Co. Made in Korea) was used for water distillation. The standard solutions of 5, 10, 20, 30, and 40 mg L<sup>-1</sup> Sb in 1% nitric acid were prepared by dilution of the 1000 mg L<sup>-1</sup> Sb standard. Nitric acid (65%, Merck) was of analytical purity.

## 2.3. Sample Collection

Because of its better recovery, TAAB 12 mm diameter carbon discs with 0.5 inch aluminum stubs (TAAB Co, UK) were used for sampling. 30 mL cylindrical polypropylene boxes of 2.5 cm x 5.5 cm (LP Italiana Spa, Italy) were benefited as swab sample containers.

Sixteen adhesive TAAB Stub Kit swabs were collected from six different firearms (Table 3). The Control Group Samples were stabbed and controlled for GSR persistence absence confirmation.

**Table 3.** Stub Kit swaps taken from the samples.

CONTROL GROUP	Sample 1	Calibration Test kit
	Sample 2	Clean 1 (Unused sample-cartridge)
	Sample 3	Clean 2 (clean sample taken from the firing hand)
SARSILMAZ 9mm pistol (Türkiye)	Sample 4	Sterling (STR) pistol cartridge (9x19mm)
	Sample 5	Codex (CDX) pistol cartridge (9x19mm)
	Sample 6	Ozkursan (OZK) pistol cartridge (9x19mm)
	Sample 7	Yavex (YVX) pistol cartridge (9x19mm)
	Sample 8	MKE pistol cartridge (9x19mm)
Browning 7,65 mm pistol (Belgium)	Sample 9	GECO pistol cartridge (7,65 mm)
	Sample 10	MKE pistol cartridge (7,65 mm)
	Sample 11	OZK pistol cartridge (7,65 mm)
G3 A3 7,62mm Infantry Rifle (Türkiye)	Sample 12	MKE 7,62x51 mm rifle cartridge
AK 47 7,62 mm Infantry Rifle (Russia)	Sample 13	Sterling 7,62x39 mm rifle cartridge
Heckler&Koch 5,56mm HK 33 Rifle (Germany)	Sample 14	MKE 5,56x45 mm rifle cartridge
Fumsan Semi-Automatic 12 caliber Hunting Rifle (Türkiye)	Sample 15	Sterling 12 caliber Hunting Rifle Cartridge
	Sample 16	Yeni-Tür 12 caliber Hunting Rifle Cartridge

## **2.4. Sample Preparation**

Quantitative elemental detection of antimony by GFAAS is one of the analytical GSR detection techniques. The studies were conducted using sixteen different TAAB Stub kits (see Table 3). To replicate samples that the investigators will submit for analysis, samples from the firing hand were swabbed. The samples in the boxes were shaken at 200 rpm speed for 30 minutes with 5 mL 5% nitric acid (v/v) for Sb determination.

The samples were first cleaned with 10 mL acetone in an ultrasonic bath for two minutes before to the examination of the adhesive content. For determination of Sb, the acetone was evaporated and then dissolved in 4 mL of 8% nitric acid (v/v).

For samples 2, 3, and 4, the stubbed swabs were taken on the first day. The remaining stubbed swabs from samples 5 to 16 were obtained once each day daily. Five minutes after the last shot was fired, swabs from the shooters' hands were taken.

## **3. RESULTS AND DISCUSSION**

Technically, both the primer and the gunpowder that formed the main charge in the cartridge are subjected to rapid combustion by firing a weapon. The emerging residues resulting from this combustion are called gunshot residues. After shooting, the remains dispersed in the shape of a white cloud either by adhering to nearby surfaces or remaining on the hands. In the resulting GSR, there are either burned or unburned remains of both the primer and the gunpowder.

In addition to the condensation particles made from the metals employed in the primer, cartridge, and projectile, GSR is a heterogeneous cloud of propellant particles in various stages of combustion [1].

Because of the propellant's organic character, it is difficult to make a definite identification of GSR from the propellant residue, while it has been reported that some screening methods are acceptable [9,10]. In some cases, only organic components can be detected when the inorganic GSR was not found. In such cases, the organic components, that provide additional information about the sample, help to differentiate GSR from environmental residues. Micron-size inorganic GSR particles are commonly collected with adhesive tape. These tapes lift both the GSR particles and those of environmental origin residues as well [4]. Inorganic residue detection is broadly practiced in forensic laboratories. Today many scientists have begun to concentrate on organic components of GSR derived from propellants.

The limits of detection (LOD) and limits of quantification (LOQ) for each metal were determined as follows: 10 independent analyses of a blank solution spiked with the metal at a level of lower concentration of the analytical curve were performed. The LOD and LOQ were calculated from the standard deviation (s) of these determinations ( $LOD = 3 \times s$  and  $LOQ = 10 \times s$ ) [11].

In the current investigation, the relative standard deviation (%RSD), limit of detection (LOD), and limit of quantitation (LOQ) values of the calibration curves displayed in Table 4 served as the foundation for the confidence parameters produced by GFAAS.

**Table 4.** Confidence Parameters Based on the Calibration Curve

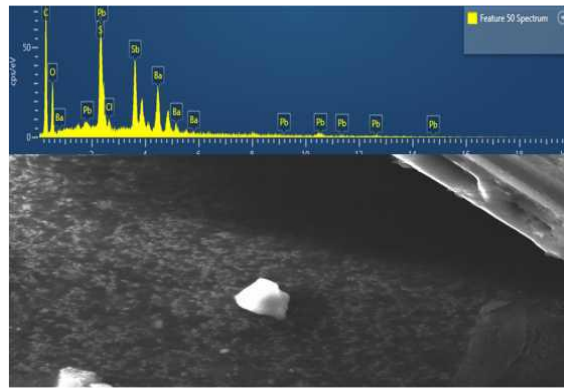
%RSD	<b>4,88 <math>\mu\text{g L}^{-1}</math></b>
m (slope)	0,0045
n (slide)	0,0046
Linear Range	0-40 $\mu\text{g L}^{-1}$
S (Standart Deviation)	0,003437
R <sup>2</sup>	0,9991
LOD	<b>0,95 <math>\mu\text{g L}^{-1}</math></b>
LOQ	<b>2,85 <math>\mu\text{g L}^{-1}</math></b>

When a firearm has been fired, there are at least three particles (Sb, Pb, and Ba) of characteristic morphology determined. Consistent particles are two-component particles that can be originated from the environment [12]. The consistent category formation, such as Pb and Sb or Pb and Ba, has been determined in a few occupational residues. These compositions can be characterized only as consistent but not unique [13]. The relevant particles are at least one characteristic particle together with other elements. The results of the analysis with SEM/EDX for characteristic, consistent, and relevant particles are shown in Table 5.

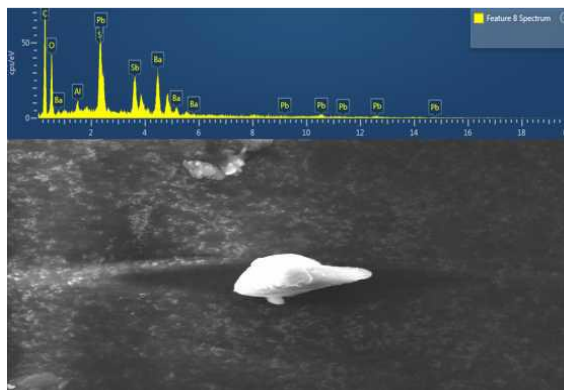
**Table 5.** The number of characteristic, consistent, and relevant particles

Sample	Number of characteristic particles	Number of Consistent particles	Number of relevant particles
1	126	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	117	108	398
5	12	7	66
6	74	43	283
7	135	219	1940
8	71	28	264
9	38	15	142
10	218	154	649
11	41	33	112
12	1	1	24
13	3	5	27
14	2	1	18
15	6	4	35
16	1	1	2

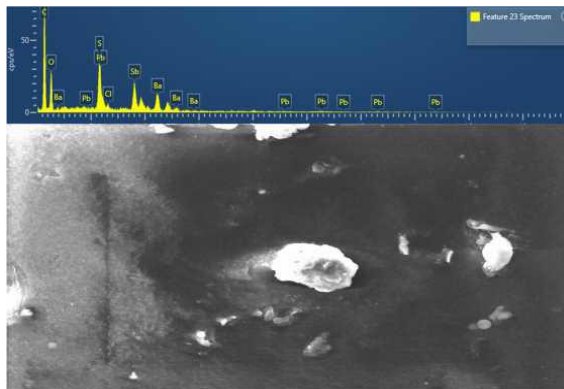
The spectra and images of specified characteristic particles are listed in Figures 1-14.



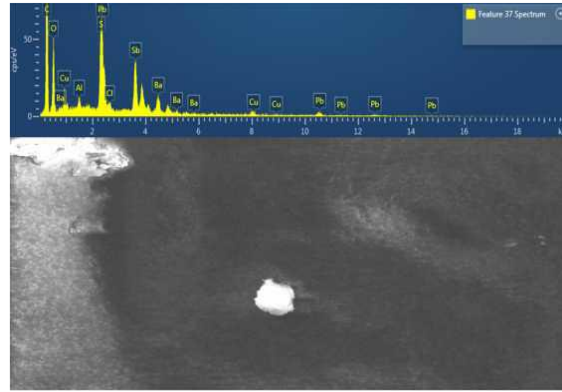
**Fig. 1.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 1.



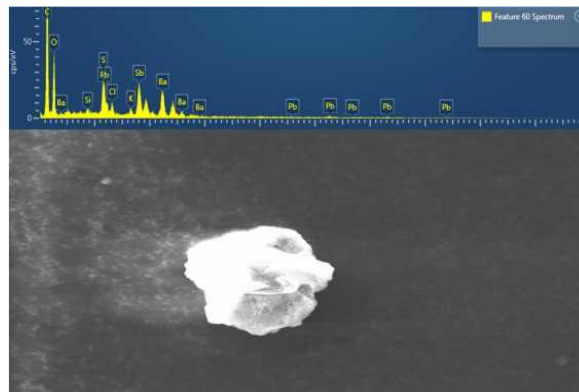
**Fig. 2.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 4.



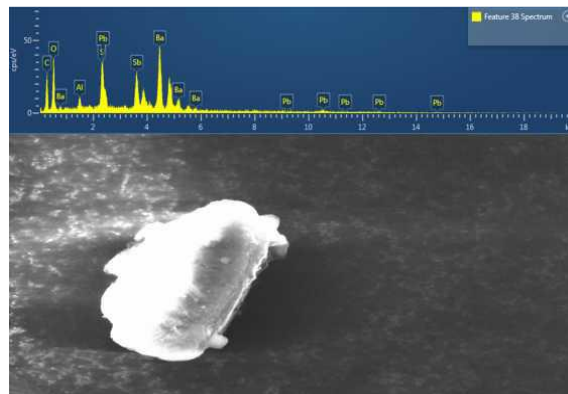
**Fig. 3.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 5.



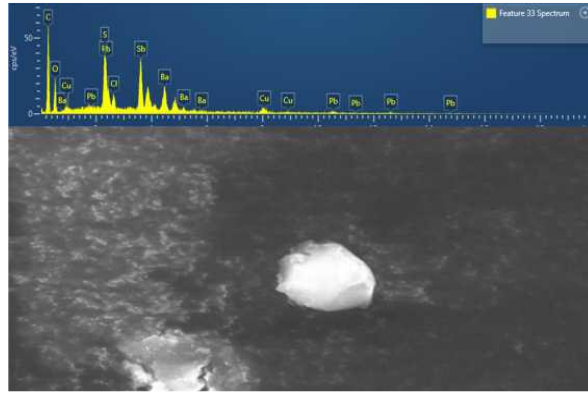
**Fig. 4.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 6.



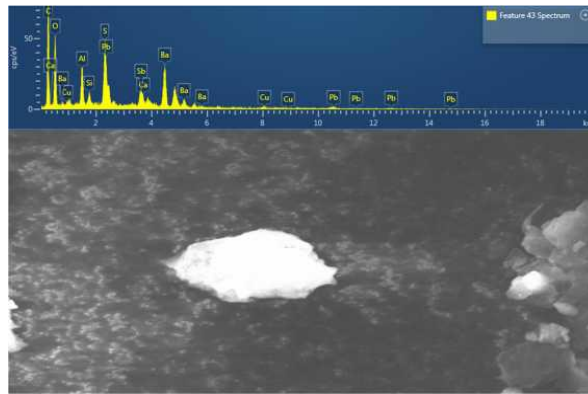
**Fig. 5.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 7.



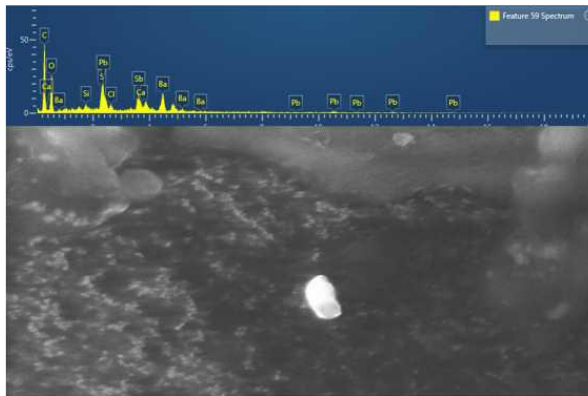
**Fig. 6.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 8.



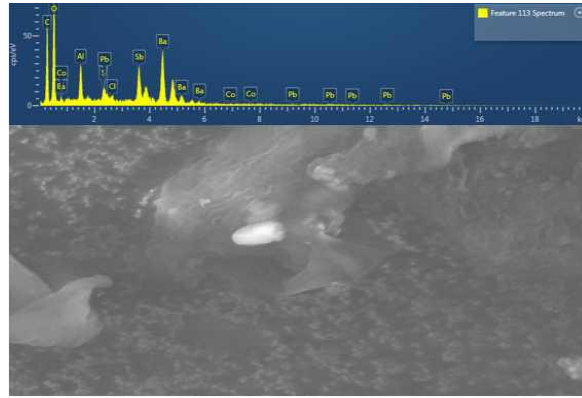
**Fig. 7.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 9.



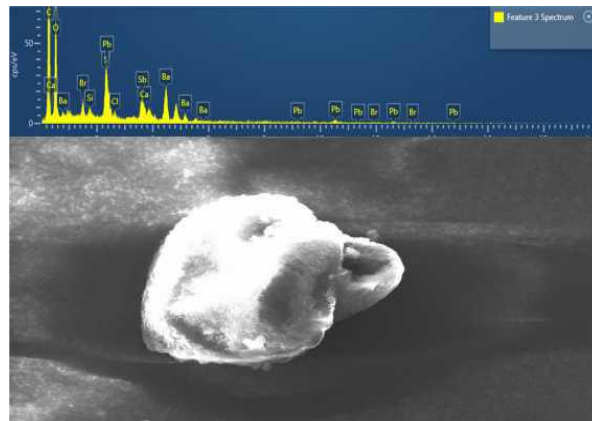
**Fig. 8.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 10.



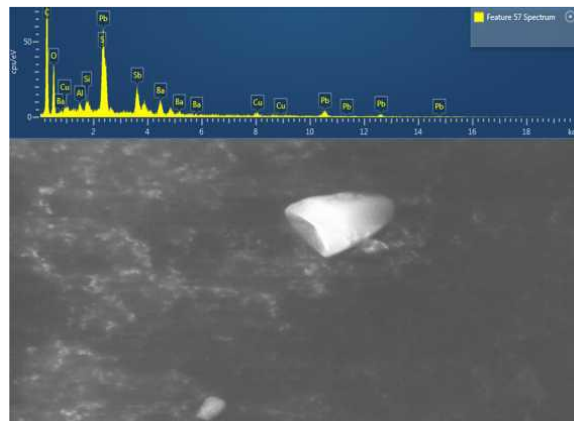
**Fig. 9.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 11.



**Fig. 10.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 12.



**Fig. 11.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 13.



**Fig. 12.** The spectra and image of characteristic particle in Sample 14.



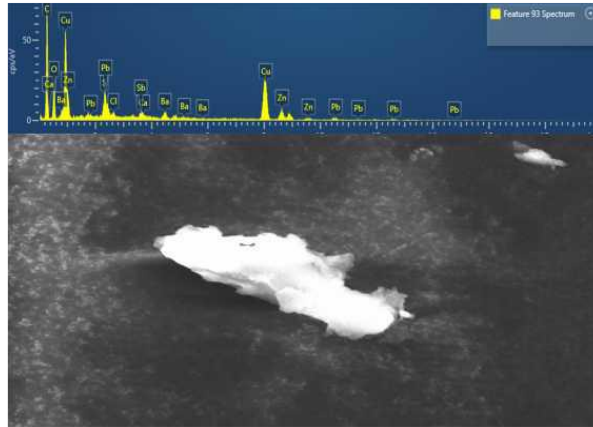


Fig. 13. The spectra and image of characteristic particle in Sample 15.

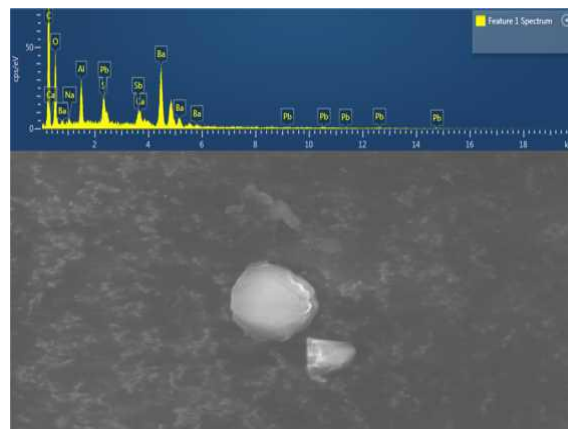


Fig. 14. The spectra and image of characteristic particle in Sample 16.

The GFAAS analysis results of the samples are shown in Table 6.

**Table 6.** The samples' GAAFS analysis results

Sample	Absorbance	Antimony Concentration ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
2	0,0072	0,58
3	0,0081	0,78
4	0,021	3,62
10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb	<b>0,067</b>	<b>10,98</b>
5	0,014	2,83
6	0,027	4,68
7	0,025	5,07
10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb	<b>0,051</b>	<b>9,25</b>
8	0,021	4,14
9	0,02	3,57
10	0,03	4,98
10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb	<b>0,061</b>	<b>11,26</b>
11	0,024	3,34
12	0,009	1,34
13	0,014	2,37
10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb	<b>0,053</b>	<b>10,74</b>
14	0,008	1,15
15	0,011	2,18

**Table 6** Continued

16	0,01	1,23
10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb	<b>0,057</b>	<b>10,92</b>

The GFAAS analysis results of the Sb and Pb samples in a certain proportion are shown in Table 7.

**Table 7.** The GFAAS analysis results of the Sb and Pb samples in a certain proportion

Mixing Ratio	Sb Absorbance in Mixture	The Absorbance of 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb Standart	Recovery (%)
1:1 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Pb)	0,0498	0,0526	94,68
1:5 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 50 $\mu\text{g/L}$ Pb)	0,0525	0,0547	95,96
1:10 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 100 $\mu\text{g/L}$ Pb)	0,0478	0,0491	97,35
1:20 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 200 $\mu\text{g/L}$ Pb)	0,0451	0,0488	92,42
1:50 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 500 $\mu\text{g/L}$ Pb)	0,0474	0,0512	92,58
1:100 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 1000 $\mu\text{g/L}$ Pb)	0,0468	0,0498	93,98

The GFAAS analysis results of the Sb and Ba samples in a certain proportion are shown in Table 8.

**Table 8.** The GFAAS analysis results of the Sb and Ba samples in a certain proportion

Mixing Ratio	Sb Absorbance in Mixture	The Absorbance of 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ Sb Standart	Recovery (%)
1:1 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Ba)	0,4644	0,4935	94,1
1:5 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 50 $\mu\text{g/L}$ Ba)	0,4554	0,4675	97,41
1:10 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 100 $\mu\text{g/L}$ Ba)	0,4736	0,4995	94,81
1:20 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 200 $\mu\text{g/L}$ Ba)	0,4364	0,4712	92,61
1:50 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 500 $\mu\text{g/L}$ Ba)	0,4832	0,4974	97,15
1:100 (1 ml 10 $\mu\text{g/L}$ Sb – 1 ml 1000 $\mu\text{g/L}$ Ba)	0,4771	0,4875	97,87

#### 4. CONCLUSION

SEM/EDS and GFAAS are widely used in the detection of GSR in the firing hands of shooters. Our study is aimed to evaluate the strengths and weaknesses of both devices. When data we obtained from the analysis are examined, it is seen that the optimum parameters of devices are consistent.

After the shots were made with 13 different cartridges in total, GSR was determined at all samples in SEM/EDS analyses. All samples were collected by a single contact from the firing hand. When these samples were analyzed at GFAAS, concentrations less than the threshold value of 10 µg/L, which is accepted as an indication of the presence of GSR, were obtained. Even if the number of particles detected by the analysis of different samples with SEM/EDS is the same, the same values may not be obtained in GFAAS due to the difference in particle size and weight.

A low number of GSR particles in samples obtained by firing a long-barreled weapon is because the barrel length and the distance of the cartridge case ejection part from the firing hand are greater than those of the pistols.

While the morphological structures of the particles can be determined by SEM/EDS, this is not possible by GFAAS. It is stated in the literature that this special morphological spherical structure of particles, does not generally interact with the tissue, has a decisive feature, and belongs only to GSR [14-18]. While antimony in the structure of some materials such as polyester may cause false-positive results by GFAAS, this is not the case with the SEM/EDS [7]. It should be considered that the half-life duration for the amount of gunshot residues on the skin depending on various environmental conditions is approximately 1 hour and the particles can be determined for up to 4 hours [8, 20, 21].

Considering the whole process, the sample obtaining convenience and the resulting sensitivity at the analysis make the SEM/EDS stand out. Although the analysis at SEM/EDS is costly, it is a very important factor that SEM/EDS detects not only antimony but all elements in the unique analysis.

Other elements found next to the detected element may cause chemical interference. This can lead the element concentration of the element analyzed by GFAAS to be seen at either lower or higher levels. Thus, we have chosen Sb, Pb, and Ba which form the main components of GSR. With the results we obtained, an absorbance decrease was observed with the increase of Pb, Pb, and Ba ratios. Emphasis was placed on Sb analysis that Pb and Ba characteristics must be considered as well. At the mixtures of 1:1000 and higher ratios, studies stated that some changes of 10% and above in recovery were observed.

If the samples were obtained by 25 cm<sup>2</sup> (5x5 cm) double-sided adhesive tapes by touching the surface many times instead of 12mm diameter (4,5 cm<sup>2</sup>) stub kits by only one touch, we could have obtained 5

times more particles because of the total surface area of adhesive tape. SEM/EDS can easily determine every element while each separate element needs a preparation for GAAFS analysis which is time-consuming and high cost.

The samples for GAAFS are usually obtained with 5x5 cm adhesive tapes. Sometimes the sticky sides can stick to the sample boxes or stick to the other areas of the same tape. This situation reflects negatively on the analysis results. It can be easily understood from our present study that the samples for SEM/EDS can be obtained easily and practically without any negative situation stated above for GAAFS.

The samples remain in good condition for further analysis after being analyzed by SEM/EDS. However the samples analyzed by GAAFS are no longer suitable for further analysis. Additionally, the prepared samples are affected negatively when a sudden malfunction occurs in GAAFS while the samples can be analyzed many times without any additional process in SEM/EDS.

This study represents the superiority of SEM/EDS over GFAAS for GSR analysis when considering the easiness and simplicity in sample collection, other elements detection, and determination of particles below a threshold value.

## **CONFLICTS OF INTEREST**

The authors confirm that this article's content has no conflict of interest.

## **AUTHORS' CONTRIBUTIONS**

Gökhan TEKİN and Firat AYDIN: Conceptualization, methodology, validation, writing-review and editing, development or design of methodology, supervision, data interpretation. Ercan SEYHAN and Isil AYDIN: Writing-original draft preparation, data collection, data curation, visualization, data interpretation, development or design of methodology, data presentation.

## **DECLARATION OF ETHICAL CODE**

In this study, the authors undertake that they comply with all the rules within the scope of the “Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive” and that they do not take any of the actions under the heading “Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics” of the relevant directive.

## REFERENCES

- [1] A. Zeichner, N. Levin, M. Dvorachek, "Gunshot residue particles formed by using ammunitions that have mercury fulminate based primers," *J. Forensic Sci, JFSCA*, vol.32, pp.1567-1573, 1992.
- [2] J.I. Thornton, "Close proximity gunshot residues," *J. Forensic Sci, JFSCA*, vol.31, no.2, pp.756-757, 1986.
- [3] Z. Brozek-Mucha, "Comparison of cartridge case and airborne GSR- a study of the elemental composition and morphology by means of SEM-EDX," *X-Ray Spectrometry*, vol.36, no.6, pp. 398-407, 2007.
- [4] C. Aksoy, Y. Akman, Z. O. Ergun, U. Uzek, F. Aydin, "Determination of Antimony in Gunshot Residues Using GFAAS and SEM/EDX," *Atomic Spectroscopy*, vol. 34, no.5, pp.170-174, 2013.
- [5] K. H. Chang, P. T. Jayaprakash, C. H. Yew, A. F. L. Abdullah, "Gunshot residue analysis and its evidential values: a review," *Australian Journal of Forensic Sciences*, vol.45, no.1, pp. 3-23, 2013, doi: 10.1080/00450618.2012.691546
- [6] L. Reid, K. Chana, J.W. Bond, M.J. Almond, S. Black, "Stubs Versus Swabs? A Comparison of Gunshot Residue Collection Techniques," *Journal of Forensic Sciences*, vol.55, no.3, pp.753-756, 2010.
- [7] C. Aksoy, T. Bora, N. Senocak, F. Aydın, "A new method to reduce false positives due to antimony in detection of gunshot residues," *Forensic Sci. Int.*, vol.250, pp. 87-90, 2015.
- [8] W. Feeney, C.V. Pyl, S. Bell, T. Trejos, "Trends in composition, collection, persistence, and analysis of IGSR and OGSR: A review," *Forensic Chemistry*, vol.19, p. 250, 2020.
- [9] O. Dalby, D. Butler, J. W. Birkett, "Analysis of gunshot residue and associated materials-a review," *J Forensic Sci.*, vol. 55, pp. 924-943, 2010.
- [10] J. Lebieczik, D. L. Johnson, "Rapid search and quantitative analysis of gunshot residue particles in the SEM," *J Forensic Sci.*, vol.45, no.1, p. 82, 2000.
- [11] S. Erdogan, I. Aydın, M.Z. Duz, F. Aydın, K.S. Celik, O. Akba, C. Hamamci, "Simultaneous Multi element Determination of Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, and Zn in Bulgur Wheat by ICP-OES," *Atomic Spectroscopy*, vol. 36, no.5, p. 212, 2015.
- [12] L. S. Blakey, G. P. Sharples, K. Chana, J. W. Birkett, "The fate and behaviour of gunshot residue: recreational shooter distribution," *Australian Journal of Forensic Sciences*, vol. 51, sup1, pp. 176-179, 2019, doi: 10.1080/00450618.2019.1569148
- [13] A. Zeichner, N. Levin, "More on the Uniqueness of Gunshot Residue (GSR) Particles," *J Forensic Sci.*, vol.42, no. 6, pp. 1027-1028, 1997.
- [14] D. M. Gialamas, E. Rhodes, F. Sugarman, "LA Officers, Their Weapons And Their Hands: An Empirical Study Of GSR On The Hands Of Non-Shooting Police Officers," *J Forensic Sci.*, vol.40, no.6, pp. 1086-1089, 1995.
- [15] A. Zeichner, N. Levin, "More On Uniqueness of Gunshot Residue (GSR) Particles," *J Forensic Sci.* vol. 42, no. 6, p. 102, 1997.
- [16] T. Trejos, C. V. Pyl, K. Menking-Hoggatt, A. L. Alvarado, L. E. Arroyo, "Fast identification of inorganic and organic gunshot residues by LIBS and electrochemical methods," *Forensic Chemistry*, vol. 8, pp. 146-156, 2018.

- [17] M. R. Rijnders, A. Stamouli, A. Bolck, "Comparison of Gsr Composition Occurring At Different Locations Around The Firing Position," *J Forensic Sci.*, vol. 55, no.3, pp. 616-623, 2010.
- [18] I. Kara, "The influence of different skin types on GSR sampling by tape lifting for SEM analysis," *Microscopy Research and Technique*, vol. 80, no.12, pp. 1310-1314, 2017.
- [19] T. Jalanti, P. Henchoz, A. Gallusser, M. S. Bonfanti, "The Persistence Of Gunshot Residue On Shooters' Hands," *Science & Justice*, vol.39, no.1, pp. 48-52, 1999.
- [20] Z. Brozek-Mucha, "Chemical and Morphological Study of Gunshot Residue Persisting on the Shooter by Means of Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectrometry," *Microscopy and Microanalysis*, vol.17, no.6, pp. 972-982, 2011.
- [21] B. Yüksel, A. O. Yiğiter, T. Bora, A. Bozkurt, M. Çavuş, "Determination of Antimony Element in Gunshot Residue Hand Swabs by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry," *Journal of Forensic Medicine*, vol.30, no.2, pp. 114, 2016.

*Copyright © 2023 Tekin, Seyhan, Aydın and Aydın. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).*