

# EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal of Mathematics, Engineering and Natural Sciences



Cilt-Volume : 9

Sayı-Issue : 3

Yıl-Year : 2025

# **EJONS**

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

**YIL-YEAR**

**2025**

**CİLT-VOLUME**

**9**

**SAYI-ISSUE**

**3**

**YAYIN TARİHİ – PUBLISHED**

**09-01-2025**

**EDİTÖR**

**Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ**

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri  
Bölümü, Sivas, Türkiye

**TÜRKÇE DİL EDİTÖRÜ**

**Dr. Öğr. Üyesi Hatice BEKÇİ**

Kayseri Üniversitesi, Develi Hüseyin Şahin Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal  
Üretim Bölümü, Kayseri, Türkiye

**İNGİLİZCE DİL EDİTÖRÜ**

**Öğretim Görevlisi Ekrem ERÖZ**

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, Yabancı Diller Bölümü,  
Sivas, Türkiye

**İSTATİSTİK EDİTÖRÜ**

**Doç. Dr. Arzu ALTUNTAŞ**

Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Siirt,  
Türkiye

**YAYIN VE MİZANPAJ EDİTÖRÜ**

**Canan YILMAZ**

Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye

**ALAN EDİTÖRLERİ**

**Prof. Dr. Tolga KARAKÖY**

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma  
Bölümü, Sivas, Türkiye

**Prof. Dr. Ercan CEYHAN**

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

**Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN**

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Siirt, Türkiye

**Prof. Dr. Esra Uçar SÖZMEN**

Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal  
Üretim Bölümü, Sivas, Türkiye

**Doç. Dr. Ebru YABAŞ**

Cumhuriyet Üniversitesi, İmranlı Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik  
Bölümü, Sivas, Türkiye

**Prof. Dr. Zubair ASLAM**

University of Agriculture, Department of Agronomy, Faisalabad, Pakistan

**Prof. Dr. Teodor RUSU**

University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Romania

**Prof. Dr. Mohammad KAVEH**

Knowledge University, Department of Petroleum Engineering, Erbil-Iraq

**Prof. Dr. Heba H. SALAMA**

National Research Center, Cairo, Egypt

**Dr. Ravi PANDISELVAM**

ICAR–Central Plantation Crops Research Institute, Physiology, Biochemistry and Post Harvest Technology Division, Kasaragod, India

**Dr. Folasade Mary OWOADE**

Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Crop Production and Soil Science, Nigeria

**Dr. Mohammad FAIZAN**

Maulana Azad National Urdu Universit, School of Sciences, Botany Section, Hyderabad-INDIA

**Dr. Ristina Siti SUNDARI**

Universitas Perjuangan Tasikmalaya, Agricultural Faculty, Study Program, Indonesia

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

<b>Makale Adı</b>	<b>Sayfa Numarası</b>	<b>Araştırma/Derleme Makalesi</b>
V1817 Aql Örtten Çift Yıldızının Çok Renk Işık Ölçüm Analizi <b>Derya Sürgit, Kubat Kaya, Emre Tunç, Furkan Güner</b>	: 248-255	Araştırma Makalesi
Kamusal Alanların Mimari Psikoloji Bağlamında Değerlendirilmesi: Beşiktaş – Ortaköy Aksı <b>Aysin Aysu</b>	: 256-271	Araştırma Makalesi
Al-Fe Alaşımlarının Mikro Yapısı Ve Sertliği Üzerinde Demir İçeriği Ve Sinterleme Sıcaklığının Etkisi <b>Said Eray</b>	: 272-277	Araştırma Makalesi
Şarkikaraağaç (Isparta) Kömürlerinde Petrografik Verilerle Paleoortam Koşullarının Değerlendirilmesi <b>Neslihan Ünal Kartal, Orhan Özçelik</b>	: 278-290	Araştırma Makalesi
Effect Of Smoke Solution Doses On The Germination Performance Of Radish Seeds Under Salt Stress <b>Burak Aktaş, Gökçe Aydöner Çoban</b>	: 291-300	Araştırma Makalesi
Şeker Pancarı (Beta Vulgaris L.) Genotiplerinin Morfolojik Ve Kalite Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi <b>Betül Yücel, Tolga Karaköy</b>	: 301-308	Araştırma Makalesi
Enhancing Efficiency And Creativity İn Interior Design Through Diffusion Models <b>Alia Rahmoun, Afra Nur Bozkurt</b>	: 309-320	Araştırma Makalesi
Epidemiological Investigation On Aino Virus And Abortions İn Cattle And Small Ruminants İn Türkiye <b>Murat Şevik</b>	: 321-329	Araştırma Makalesi

## EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16877803>

## V1817 Aql Örtlen Çift Yıldızının Çok renk Işık Ölçüm Analizi

Derya SÜRĞİT<sup>1,2</sup>, Kubat KAYA<sup>1,2</sup>, Emre TUNÇ<sup>1,2</sup>, Furkan GÜNER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale

Sorumlu Yazar Email: dsurgit@comu.edu.tr

## Makale Tarihi

Geliş: 03.07.2025

Kabul: 28.07.2025

## Anahtar Kelimeler

Örtlen Çift Yıldızlar,  
Temel Parametreler,  
V1817 Aql

**Özet:** Bu çalışmada V1817 Aql çift yıldızının *BVR* çok renk fotometrik gözlem verisinin analizi sunulmuştur. Sistemin fotometrik gözlem verisi 2024 gözlem sezonunda Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi'nde, MEADE LX200 model 30cm Cassegrain-Schmidt teleskobu ve bu teleskoba bağlı SBIG STL-1001E CCD kamera kullanılarak *BVR* filtrelerinde yapılmıştır. Sistemin *BVR* ışık eğrileri Wilson-Devinney kodu ile analiz edilmiştir. V1817 Aql'nin fotometrik kütle oranı  $0.323 \pm 0.006$  olarak belirlenmiştir. Çift sistemin bileşenlerinin mutlak parametreleri tahmin edilmiştir. Buna göre, V1817 Aql çift sisteminin bileşenlerinin kütle ve yarıçap değerleri sırasıyla,  $M_1 = 1.58 \pm 0.16 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 1.47 \pm 0.12 R_{\odot}$  ve  $M_2 = 0.46 \pm 0.10 M_{\odot}$ ,  $R_2 = 1.27 \pm 0.26 R_{\odot}$  olarak hesaplanmış ve bileşenlerin evrim durumu tartışılmıştır.

## Multicolor Photometric Analysis of the Eclipsing Binary Star V1817 Aql

## Article Info

Received: 03.07.2025

Accepted: 28.07.2025

## Keywords

Eclipsing Binary  
Stars,  
Fundamental  
Parameters,  
V1817 Aql

**Abstract:** In this study, the analysis of the *BVR* multi-color photometric observation data of the V1817 Aql is presented. The photometric observation of the system were obtained during the 2024 observing season at the Çanakkale Onsekiz Mart University Astrophysics Research Center and Ulupınar Observatory using a MEADE LX200 model 30 cm Cassegrain-Schmidt telescope equipped with an SBIG STL-1001E CCD camera and *BVR* filters. The *BVR* light curves of the system were analyzed using the Wilson-Devinney code. The photometric mass ratio of V1817 Aql was determined to be  $0.323 \pm 0.006$ . Accordingly, the mass and radius values of the components of the V1817 Aql binary system were derived to be  $M_1 = 1.58 \pm 0.16 M_{\odot}$ ,  $R_1 = 1.47 \pm 0.12 R_{\odot}$  and  $M_2 = 0.46 \pm 0.10 M_{\odot}$ ,  $R_2 = 1.27 \pm 0.26 R_{\odot}$  and the evolutionary status of the components has been discussed.

## 1. Giriş

Astrofizikte en önemli veri kaynaklarından biri olan örtlen çift yıldızlar, yıldızların kütle yarıçap vb. mutlak parametrelerin belirlenmesinde gökbilimciler için oldukça önemlidir. Örtlen çift yıldızlar üzerine yapılan çalışmalar, yıldız oluşum mekanizmaları, manyetik etkinlik, bileşenlerin kütle aktarımı veya kaybı, açısal momentum aktarımı veya kaybı ve bileşenlerin birinin veya tüm sistemin etrafında disk oluşumu mekanizmaları hakkında birçok konuyu aydınlatmada oldukça önemlidir. Günümüzde gelişen teleskop ve gözlem teknikleriyle birlikte örtlen çift yıldızlar üzerine yapılan gözlem verileri, yıldız evriminin anlaşılması ve yeni teorilerin geliştirilmesinde oldukça önemlidir. Örtlen çift yıldızlar üzerine yapılan çalışmaların artmasıyla birlikte gökadalara evriminin ve yapısının bunun da ötesinde evrenin yapısının ve evriminin anlaşılmasında oldukça büyük katkı sağlayacaktır. Bu sebeple yer tabanlı fotometrik



gözlemler astrofizikçiler açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda bu çalışma kapsamında seçilen V1817 Aql çift yıldızının çok renk fotometrik gözlemlerinin yapılarak fiziksel parametrelerinin elde edilmesi ve evrim durumunun tartışılması hedeflenmiştir.

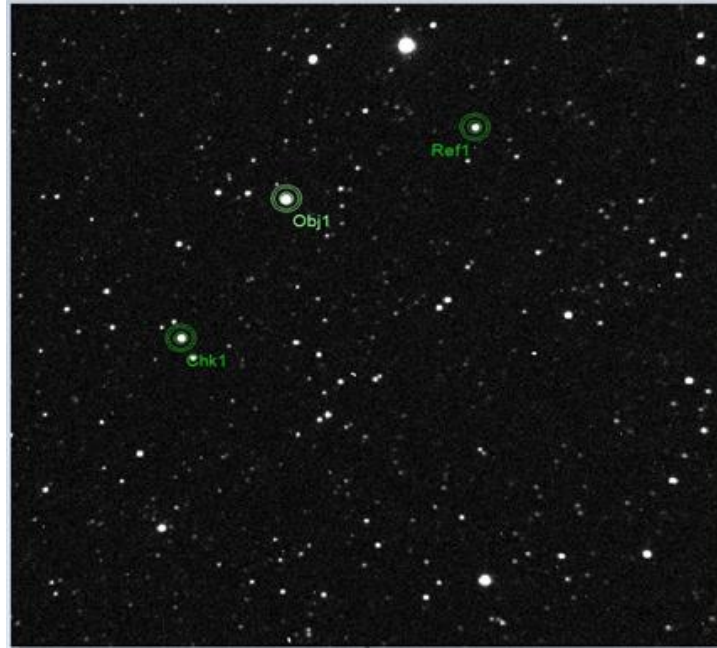
V1817 Aql (GSC 01071- 02642 = TYC 1071-2642-1,  $V=9.68$  mag) ilk olarak “Henry Draper Catalogue and Extension” kataloğunda Cannon ve Pickering (1993) tarafından tayf türü A2 olarak listelenmiştir. Sistemin ilk fotometrik analizi Koppelman ve Wils (2004) tarafından yapılmış ve fiziksel parametreleri belirlenmiştir. Daha sonrasında V1817 Aql'nın içinde yer aldığı birçok çift yıldızın minimum zamanlarının belirlendiği katalog çalışması yapılmıştır (Hubscher, 2015; 2016). Sistem daha sonra ihmal edilmiş ve detaylı bir çalışma yapılmamıştır.

## 2. Fotometrik Gözlemler ve Veri İndirgemesi

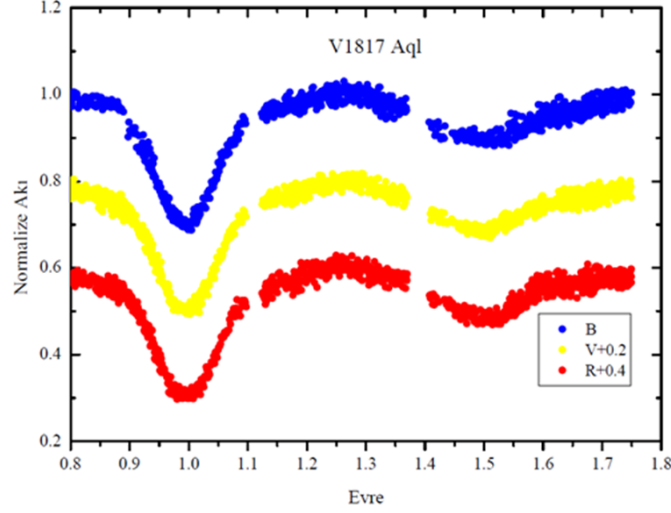
V1817 Aql çift yıldız sistemi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi'nde 2024 gözlem sezonunda MEADE LX200 model 30cm Cassegrain-Schmidt teleskobu ve bu teleskoba bağlı SBIG STL-1001E CCD kamera kullanılarak *BVR* filtrelerinde fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Gözlemlerde her gece için bias, dark ve flat görüntüsü 10'ar adet alınarak atmosferik ve elektronik etkilerden gözlem verisi arındırılmıştır. Elde edilen fotometrik gözlem verileri MaxIm DL5 yazılımı ile kalibrasyonları yapılmış ve fark fotometrisi yöntemiyle diferansiyel parlaklıklar elde edilirken mukayese ve denet yıldız olarak kameranın gördüğü alan içerisinde V1817 Aql çift yıldız sisteminin özelliklerine yakın 2 adet yıldız belirlenmiş ve bu yıldızlara ilişkin bilgiler Tablo1'de, CCD görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir. 1817 Aql gözlem verilerinden elde edilen *BVR* çok renk ışık eğrisi Şekil 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** V1817 Aql çift sisteminin mukayese ve denet yıldız bilgileri

	TYC No.	RA	DEC	Parlaklık(kadir)
<b>V1817 Aql</b>	TYC 1071-2642-1	20 01 11.9181	+07 58 53.4564	9.68
<b>Mukayese</b>	TYC 1071-2369-1	20 00 54.2513	+07 56 08.0772	12.07
<b>Denet</b>	TYC 1071-2318-1	20 01 30.9430	+07 58 48.1482	10.58



**Şekil 1.** V1817 Aql yıldızına ait kalibre edilmiş CCD görüntüsü



Şekil 2. V1817 Aql'nın *BVR* filtrelerinde elde edilmiş ışık eğrileri

### 3. Fotometrik Analiz

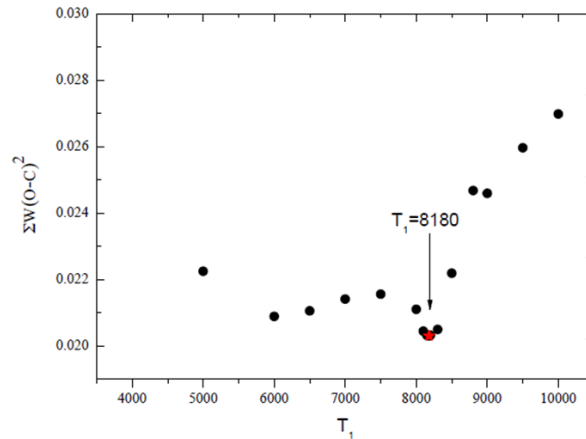
V1817 Aql'nin 2024 gözlem sezonunda *BVR* çok renk filitrelerinde elde edilen ışık eğrileri Wilson-Devinney (W-D) yöntemi (Wilson ve Devinney, 1971) kullanılarak analiz edilmiştir. Analizin ilk aşamasında sistemin birinci bileşenin etkin sıcaklığı ( $T_1$ ) farklı yöntemler kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. İlk olarak SIMBAD veri tabanında verilen A2 tayf türüne göre Drilling ve Landolt (2000)'un anakol yıldızlarının tayf türü, renk ölçeği ve etkin sıcaklıkları kalibrasyonlarından yararlanarak birinci bileşenin etkin sıcaklığı 9000 K olarak belirlenmiştir. İkinci yöntem olarak SIMBAD veri tabanından yer alan *B* ve *V* parlaklık değerleri ve 2MASS veri tabanından alınan *JHKs* parlaklık değerlerine göre, Bilir ve ark. (2008)'nin ayırık çift sistemler için olan mutlak parlaklık kalibrasyonundan  $(B-V)_0$  renk ölçeği değeri hesaplanarak, Pecaut ve Mamajek (2013)'ün kalibre edilmiş verilerinden sistemin sıcaklığı yaklaşık olarak 8180 K olarak belirlenmiştir. Ayrıca literatürde verilen GAIA DR2 (Gaia Collaboration, 2018) ve GAIA DR3 (Gaia Collaboration, 2023)'e göre sistemin baş bileşenin etkin sıcaklığı sırasıyla 8045 K ve 7924 K olarak kabul edilip bu farklı sıcaklık değerlerine göre çözüm arayışına gidilmiştir. Ancak sistemin literatürde belirtilen herhangi bir tayfsal çalışmasının bulunmaması ve tayf türünün bilinmemesi sebebiyle ışık eğrisi üzerinden WD yöntemi ile 5000-10000 K arasında sıcaklık taraması yapılmıştır. Özellikle de 8000 ile 8500 K arasında küçük adımlarla çözüm arayışına ve sıcaklık tahminine gidilmiştir. Artıkların karesinin ağırlıklı toplamlarının  $[\Sigma W(O-C)^2]$  sıcaklığa göre değişimi sıralandığında en düşük  $[\Sigma W(O-C)^2]$  sonucunu gösteren değer, birinci bileşen için çözümde sabit alınabilecek en uygun sıcaklık değerini vermiştir. Yapılan sıcaklık taraması sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Böylece V1817 Aql'nın baş bileşenin sıcaklığı  $8180 \pm 200$  K olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca Pecaut ve Mamajek (2013)'ün kalibre edilmiş verilerinden tahmin edilen sıcaklık değeri 8180 K ile uyumlu olduğu görülmüş ve bu değerde sabit tutularak çözüm arayışına gidilmiştir. Analizler sırasında birinci bileşenin sıcaklığı,  $T_1 > 7200$  K ve ikinci bileşenin sıcaklığı için  $T_2 < 7200$  K olarak hesaplanmasından dolayı sistemin birinci bileşenin radyatif, ikinci bileşenin konvektif ışımaya yaptığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla bileşenlerin çekim kararması katsayıları  $g_1=1.0$ ,  $g_2=0.32$  (Lucy, 1967) ve bolometrik albedoları  $A_1=1.0$ ,  $A_2=0.5$  (Rucinski, 1969) olarak kabul edilmiştir. Işık eğrisi analizlerinde, ikinci dereceden kenar kararma kanunu kullanılmış ve kenar kararma katsayıları Claret (2017)'den alınmıştır. Çözümlerde bileşen yıldızların çembersel bir yörüngede ( $e=0$ ) senkronize olarak döndükleri ( $F_1=F_2=1.0$ ) kabul edilmiştir. Analizler sırasında sistem hem MOD2 (ayırık) hem de MOD5 (yarı ayırık)'e göre çözüm yapılmış ve sistemin Algol



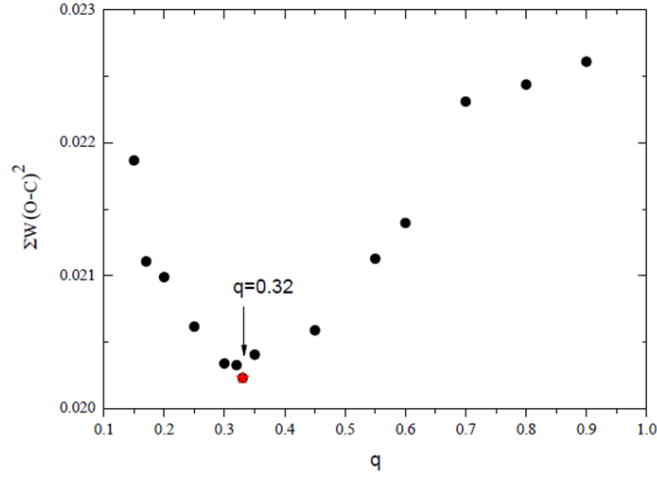
türü ayrık bir çift sistem olduğu ve MOD2'e göre en iyi çözümü verdiği görülmüştür. Analizler sırasında, evre kayması ( $\phi$ ) yörünge eğimi ( $i$ ), ikinci bileşenin etkin sıcaklığı ( $T_2$ ), birinci bileşenin potansiyeli ( $\Omega_1$ ), ikinci bileşenin potansiyeli ( $\Omega_2$ ), kütle oranı ( $q$ ), birinci bileşenin ışıması ( $L_1$ ) ve üçüncü ışık katkısı ( $l_3$ ) serbest bırakılmıştır. Sistemin tayfsal kütle oranı olmadığı için çözümler sırasında ilk olarak kütle taraması yapılmıştır. Yapılan kütle taramasında çözüm fitlerinden elde edilen artıkların karelerinin toplamının  $\sum(O-C)^2$  en küçük değeri için fotometrik kütle oranı belirlenmiştir. Kütle oranını değişen değerleri için çözümden elde edilen  $\sum(O-C)^2$  değerlerini gösteren grafik Şekil 4'de verilmiştir. Kütle oranı  $\sum(O-C)^2$  diyagramına bakıldığında, en küçük  $\sum(O-C)^2$  değerine göre yaklaşık  $q=0.32$  civarında en uygun değere ulaşılmıştır. Bu nedenle çözüm esnasında  $q=0.32$  değerinde alınıp serbest parametre olarak bırakılmıştır. V1817 Aql'nın BVR filitrelerinde elde edilen çok renk ışık eğrileri ve çözüm sonucunda elde edilen teorik fitler ve Roche geometrisi Şekil 5'de gösterilmiştir. Ayrıca çok renk ışık eğrisinin fotometrik çözümü sonucunda elde edilen parametreler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** V1817 Aql'nın BVR ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreleri

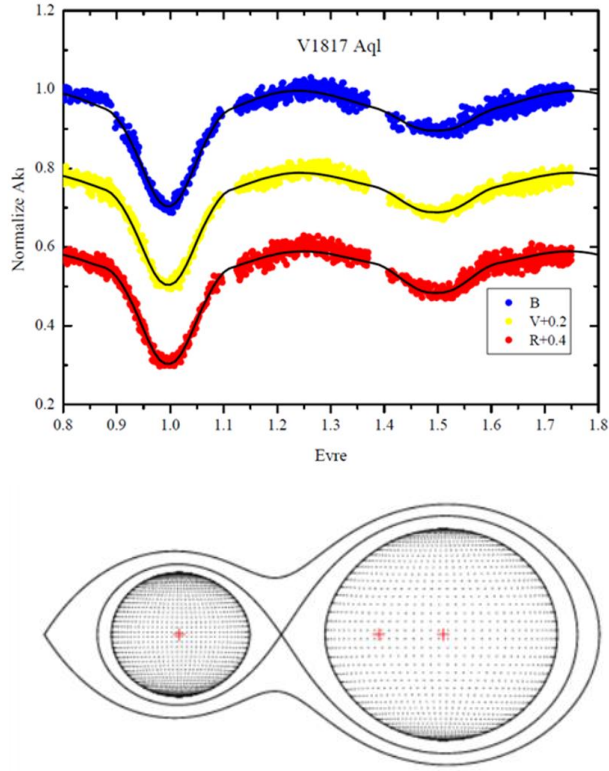
Parametre	Değer
$T_0(HJD)$	2452500.2785
$P(gün)$	0.78156381
$\Delta\phi$	-0.0038( $\pm 0.0003$ )
$i$ (deg)	80.38( $\pm 0.34$ )
$T_1$ (K)	8180
$T_2$ (K)	5036( $\pm 280$ )
$q_{corr}=M_2/M_1$	0.323( $\pm 0.006$ )
$\Omega_1$	2.805( $\pm 0.014$ )
$\Omega_2$	2.694( $\pm 0.027$ )
$r_1$ (ortalama)	0.416( $\pm 0.017$ )
$r_2$ (ortalama)	0.244( $\pm 0.043$ )
$L_{1,B}$	0.709( $\pm 0.233$ )
$L_{1,V}$	0.695( $\pm 0.235$ )
$L_{1,R}$	0.703( $\pm 0.245$ )
$L_{2,B}$	0.026( $\pm 0.025$ )
$L_{2,V}$	0.048( $\pm 0.025$ )
$L_{2,R}$	0.060( $\pm 0.026$ )
$l_{3,B}$	0.264( $\pm 0.017$ )
$l_{3,V}$	0.257( $\pm 0.017$ )
$l_{3,R}$	0.237( $\pm 0.018$ )



**Şekil 3.** V1817 Aql'nın sıcaklık taraması sonucu elde edilen sıcaklık ( $T_1$ ) -  $[\sum W(O-C)^2]$  diyagramı



Şekil 4. V1817 Aql'nın kütle taraması sonucu elde edilen kütle oranı (q) -  $[\Sigma W(O-C)^2]$  diyagramı



Şekil 5. (üst panel) V1817 Aql'nın BVR ışık eğrileri ve teorik model fitleri. (alt panel) V1817 Aql'nın Roche geometrisi

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında seçilen V1817 Aql çift sisteminin çok renk fotometrik gözlemleri 2024 gözlem sezonu içerisinde MEADE LX200 model 30cm Cassegrain-Schmidt teleskobu ve bu teleskoba bağlı SBIG STL-1001E CCD kamera kullanılarak BVR filtrelerinde yapılmıştır. Sistemin elde edilen ışık eğrileri Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak çözülmüş ve sisteme ait fotometrik model parametreleri hesaplanmıştır. V1817 Aql'nın çok renk ışık eğrilerinin çözülmesinde ilk adım olarak baş bileşenin etkin sıcaklığı belirlenmiştir. Sistemin baş bileşenin

sıcaklığının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmış ve bu yöntemler detaylı bir şekilde Bölüm 3'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sistemin baş bileşeninin etkin sıcaklık tahmini yapıldıktan sonra literatürde V1817 Aql için yapılmış bir dikine hız çalışmasından belirlenen tayfsal kütle oranı bulunmadığı için ilk olarak sistem için kütle taraması yapılmıştır. Yapılan kütle taramasına göre V1817 Aql'nın kütle oranı 0.32 olarak belirlenmiş ve sistemin nihai fotometrik çözümü elde edilmiştir. Daha sonra V1817 Aql'nın Pecaut ve Mamajek (2013)'e göre tahmin edilen baş bileşeninin etkin sıcaklığı 8180 K göre kütlesi  $M_1 \cong 2M_{\odot}$  olarak kabul edilerek fotometrik çözümden elde edilen kütle oranı kullanılarak sistemin ikinci bileşeninin kütlesi  $M_2$  hesaplanmıştır. Kepler'in üçüncü yasasından yararlanarak bileşenler arası ortalama uzaklık ( $A$ ) değeri elde edilmiştir. Fotometrik çözümden bulunan kesirsel yarıçaplar ( $r_1, r_2$ ) kullanılarak bileşenlerin mutlak yarıçapları ( $R_1, R_2$ ) bulunmuştur. Böylece bu değerlerden (kütle ve yarıçap değerleri) bileşenlerin yüzey çekim ivmeleri doğrudan hesaplanabilmiştir. Ayrıca fotometrik çözümden elde edilen etkin sıcaklık ve yarıçaplar kullanılarak; bileşenlerin bolometrik parlaklıkları ( $M_{bol}$ ) ve ışıtmaları elde edilmiştir. Tablo 3'te verilen mutlak parametrelerin hesaplamasında Güneş'in etkin sıcaklığı, bolometrik düzeltmesi ve çekim ivmesi sırasıyla  $T_{eff} = 5771.8(\pm 0.7)$  K,  $M_{bol} = 4.7554(\pm 0.0004)$  mag,  $BC = -0.107(\pm 0.02)$  mag and  $g = 27423.2(\pm 7.9)$  cm/s<sup>2</sup> olarak alınmıştır (Pecaut ve Mamajek, 2013). Mutlak görsel parlaklık ( $M_V$ ), bolometric düzeltme formülüyle ( $BC$ ) değeri hesaplanmıştır. Burada bileşenlerin  $BC$  değerleri, Pecaut ve Mamajek (2013)'un mutlak parlaklık kalibrasyonundan bileşenlerin etkin sıcaklıklarına göre hesaplanmıştır. Son olarak fotometrik uzaklık değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

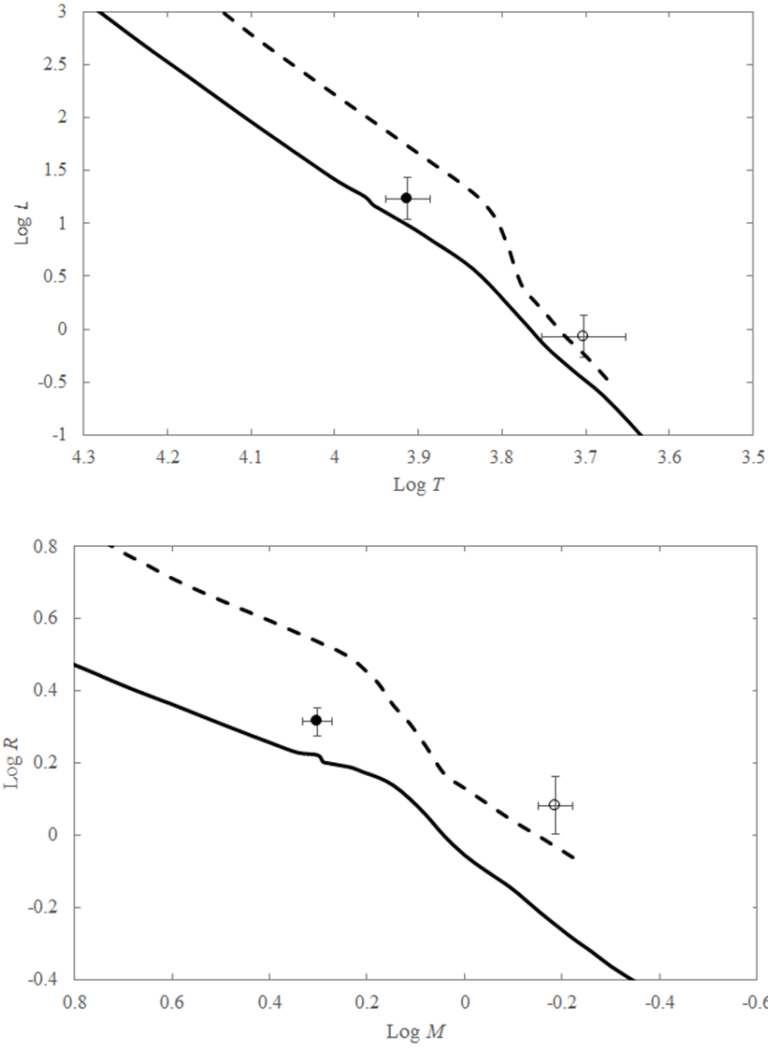
$$M_v = m_v + 5 - 5 \log(d) - A_v \quad (1)$$

Böylece V1817 Aql'nın hesaplanan mutlak parametreleri ve hataları sırasıyla Tablo 3'te verilmiştir. V1817 Aql'nın  $V$  renginde yıldızlararası renk sönümlenmesi için  $A_v = 3.1 E_d(B-V)$  formülü kullanılarak yıldızlararası soğurma göz önüne alındığında, uzaklık modülünden V1817 Aql için uzaklık sırasıyla  $364(\pm 4)$  pc olarak belirlenmiştir. GAIA DR3 (Gaia Collaboration, 2023) veri tabanından alınan paralaks değerine göre, V1817 Aql'nın uzaklığı  $363 \pm 3$  pc olarak belirlenmiştir. V1817 Aql'nın hesaplanan mutlak parametrelerine göre evrim durumunu incelemek için Bressan ve ark. (2012)'nin evrim modelleri kullanıldı. Sistemin bileşen yıldızlarının  $\log T - \log L$  diyagramındaki ve  $\log M - \log R$  diyagramındaki konumları, sırasıyla, Şekil 6'da gösterilmektedir. Bu diyagramlara göre; V1817 Aql'nın birinci bileşeni, anakol bandı içerisinde yer alırken ikinci bileşen evrimleşmiş ve anakolu terk ettiği görülmektedir.

**Tablo 3.** V1817 Aql'nın mutlak parametreleri

Parameter	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$M (M_{\odot})$	2.00( $\pm 0.1$ )	0.65( $\pm 0.03$ )
$R (R_{\odot})$	2.06( $\pm 0.10$ )	1.21( $\pm 0.22$ )
$A (R_{\odot})$		4.94( $\pm 0.15$ )
$\log g$ (cgs)	4.11( $\pm 0.05$ )	4.1( $\pm 0.15$ )
$T$ (K)	8180( $\pm 500$ )	5036( $\pm 280$ )
$L (L_{\odot})$	17.00( $\pm 2.00$ )	0.85( $\pm 0.24$ )
$M_{bol}$ (mag)	1.67( $\pm 0.29$ )	4.93( $\pm 0.46$ )
$M_V$ (mag)	1.65( $\pm 0.29$ )	5.19( $\pm 0.46$ )
$V$ (mag)		9.68( $\pm 0.02$ ) <sup>a</sup>
$M_V$ (sistem)		1.60( $\pm 0.02$ )
$d$ (pc)		364( $\pm 4$ )
$d_{Gaia-DR3}$ (pc)		363 $\pm 3$ <sup>b</sup>

a: SIMBAD, b: GAIA Collaboration (2023)



**Şekil 6.** (üst panel) V1817 Aql'nın bileşenlerinin etkin sıcaklık – ısıtma diyagramındaki konumları. (alt panel) V1817 Aql'nın bileşenlerinin kütle – yarıçap diyagramındaki konumları. V1817 Aql'in birinci ve ikinci bileşenleri sırasıyla içi dolu ve içi boş siyah daireler ile gösterilmektedir. Siyah düz çizgi ve kesikli siyah çizgiler,  $Z = 0.019$  güneş metalliğinde ZAMS ve TAMS'ı temsil etmektedir.

### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma, TUBİTAK 2209 A (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) 1919B012318574 numarası ile desteklenmiştir.

### Kaynaklar

Bilir, S., Ak, T., Soyduğan, E., Soyduğan, F., Yaz, E., Filiz A.N., Eker, Z., Demircan, O., Helvacı, M., 2008. New absolute magnitude calibrations for detached binaries. *Astronomische Nachrichten*, 329: 835.

- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., DalCero, C., Rubele, S., Nanni, A., 2012. PARSEC: stellar tracks and isochrones with the padova and trieste stellar evolution code. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427(1): 127-145.
- Brown, A.G., Vallenari, A., Prusti, T.J.D.B.J.H., De Bruijne, J.H., Babusiaux, C., Bailer-Jones, C. A., ... & Bertone, S., 2018. Gaia data release 2-summary of the contents and survey properties. *Astronomy & Astrophysics*, 616: A1.
- Cannon, A.J., Pickering, E.C., 1993. VizieR online data catalog: henry draper catalogue and extension (Cannon+ 1918-1924; ADC 1989). VizieR Online Data Catalog, 3135, III-135A.
- Claret, A., 2017. Limb and gravity-darkening coefficients for the TESS satellite at several metallicities, surface gravities, and microturbulent velocities. *Astronomy & Astrophysics*, 600: 6.
- Drilling, J.S., Landolt, A.U., Cox, A.N., 2000. Allen's Astrophysical Quantities. AIP Press/Springer, New York, USA.
- Gaia Collaboration, 2023. *Astronomy and Astrophysics*, 674, 22.
- Hubscher, J., 2015. BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars. Information Bulletin on Variable Stars, No. 6152, #1.
- Hubscher, J., 2016. BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries. Information Bulletin on Variable Stars, No. 6157, #1.
- Koppelman, M.D., Wils, P., 2004. New Eclipsing binary Systems: HD 189735 and HD 116274. *The Journal of the American Association of Variable Star Observers*, 32(1): 23-25.
- Lucy, L.B., 1967. Gravity-darkening for stars with convective envelopes. *Zeitschrift Für Astrophysik*, 65: 89.
- Pecaut, M.J., Mamajek, E.E., 2013. Intrinsic colors, temperatures, and bolometric corrections of pre-main-sequence stars. *Astrophysical Journal Supplement*, 208: 1-22.
- Ruciński, S.M., 1969. The proximity effects in close binary systems. II. the bolometric reflection effect for stars with deep convective envelopes. *Acta Astronomica*, 19: 245.
- SIMBAD Astronomical Database, 2025. (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>), (Erişim Tarihi: 02.05.2025).
- Wilson, R.E., Devinney, R.J., 1971. Realization of accurate close-binary light curves: application to MR cygni. *Astrophysical Journal*, 166: 605.



## EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16878045>

## Kamusal Alanların Mimari Psikoloji Bağlamında Değerlendirilmesi: Beşiktaş - Ortaköy Aksı

Aysin AYSU \*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Adana Büyükşehir Belediyesi, Adana, Türkiye  
Sorumlu Yazar Email: [aysinaysu@gmail.com.tr](mailto:aysinaysu@gmail.com.tr)

### Makale Tarihiçesi

Geliş: 21.07.2025  
Kabul: 05.08.2025

### Anahtar Kelimeler

Mimari Tasarım,  
Mimari ve Çevre  
Psikolojisi,  
Mekansal Konfor,  
Psikolojik Konfor,  
Kentsel Sağlık,  
Algı

**Özet:** Mekân ve birey birbirini etkileyen bir süreç döngüsü içindedir. Mekânsal konfor şartları mekânın işlevine yönelik olan termal, aydınlatma, ses, koku gibi fiziksel ve ölçümlenebilen koşullar iken; mahremiyet, aidiyet, huzur, mutluluk, güvenlik, statü ve sosyalleşme gibi kelimeler ile nitelendirilebilen psikolojik konfor şartlarının fiziksel bir çevre için optimal düzeyde çözümlenmelidir. Bu bağlamda kamusal alanlar da bireyin bir eylemi gerçekleştirmesine imkân sağlayan mekanlar olduğundan fiziksel ve psikolojik konfor şartlarının sağlanması beklenmektedir. Bu çalışmada kamusal alanlardaki fiziksel yapı elemanlarının bireyler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmadaki vaka analizinin temel hedefi ise, fiziksel çevreyi oluşturan mimari öğelerin kullanıcılarındaki hangi duyguları açığa çıkardığını belirlemektir. Çalışma, İstanbul ili, Avrupa Yakası'ndaki Beşiktaş ve Ortaköy semtlerini birbirine bağlayan Çırağan Caddesi'ni kapsamaktadır. Cadde üzerindeki aksta yürüme eylemi ile akstaki yapıların ve mimari elemanların bireydeki oluşturduğu psikolojik hisler değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda fiziksel çevrenin birey üzerinde bazı duyu durumlarının oluştuğu tespit edilmiştir.

## Evaluation of Public Spaces in the Context of Architectural Psychology: Beşiktaş - Ortaköy Axis

### Article Info

Received: 21.07.2025  
Accepted: 05.08.2025

### Keywords

Architectural Design,  
Architectural and  
Environmental  
Psychology,  
Spatial Comfort,  
Psychological  
Comfort,  
Urban Health,  
Perception

**Abstract:** Space and individual are in a process cycle that affects each other. While spatial comfort conditions are physical and measurable conditions such as thermal, lighting, sound, smell, which are related to the function of the space; psychological comfort conditions, which can be described with words such as privacy, belonging, peace, happiness, security, status and socialisation, should be solved at an optimal level for a physical environment. In this context, since public spaces are places that allow an individual to perform an action, it is expected to provide physical and psychological comfort conditions. This study aims to evaluate the effects of physical building elements in public spaces on individuals. The main goal of the case analysis in the study is to determine which emotions the architectural elements that make up the physical environment reveal in the users. The study covers Çırağan Street, which connects Beşiktaş and Ortaköy neighbourhoods on the European side of Istanbul. The act of walking on the axis on the street and the psychological feelings created by the buildings and architectural elements on the axis were evaluated. As a result of the study, it was determined that the physical environment creates some emotional states on the individual.

## 1. Giriş

Canlıların yaşamış olduğu ortam mimarlık disiplinde mekân olarak anılmakta olup mekân doğal veya yapay olarak inşa edilmiş fiziki çevre olarak nitelendirilmektedir. Fiziki çevre olan mekânın tanımlanması ise sınırların varlığı ile oluşmaktadır (Zevi, 1990; Meiss, 1992; Yıldırım Erniş, 2012). Norberg Schulz (1971)'e göre mekân sınırlarına bağlı olarak, iç

ve dış mekân olarak ayrışmaktadır; iç mekân kapalılık hissi yaratırken, dış mekân açıklık hissi yaratmaktadır. Kapalılık hissi veren mekânların sınırları daha belirgin olup genellikle özel ve yarı özel mekânları tariflerken, açıklık hissi veren mekânlar genellikle kamusal mekân olarak tariflenmektedir.

Özel ve yarı özel mekânlar (konut, işyeri vb.) kişiye özel veya mekânın işlevine bağlı olarak belirli grubun kullanımına açık olan mekânlardır (Kohn, 2004; Özer, 2022). Bu nedenle ihtiyaçlar, kullanıcı- mekân ilişkileri çözümlenerek fiziksel çevreye aktarılmaktadır. Kamusal mekânlar (yollar, meydanlar vb.), kentsel ölçekte olup toplumdaki geniş bir grubun kullanımına yönelik oluşturulmaktadır (Brown, 2006). Kentsel ölçekte yaratılan mekânlar da toplumun kültürel, sosyal ve ekonomik özelliklerine bağlı olarak tasarlanmaktadır. Bu nedenle kamusal alanların inşa edilmesi toplumun geniş kesiminin ihtiyacının karşılanmasına yöneliktir. Kamusal alanlarla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar göstermiştir ki; bu alanlar toplumun büyük bir kesiminin bir arada olabildiği, sosyalleşebildiği, duyu durumlarının ifade edilebildiği yerler olup toplumsal kültürün oluşmasına katkı sağlamaktadır. Konu ile ilgili araştırmacılar olan kent bilimci Zeynep Halu'ya göre kamusal mekânlar, kentlilerin veya farklı kullanıcıların sahip oldukları kültürel birikimlerini paylaşıp, aktarabildikleri ve birbirlerini değişik yönleriyle tanıyabildikleri yani karşılıklı etkileşimin olduğu sosyal alanlardır (Halu, 2010). Diğer bilim insanı Churchill (1943), “Önce biz yapılarımızı şekillendiririz, daha sonra yapılar bizi şekillendirir.” sözüyle insan ve yapılı çevre arasındaki etkileşimi açıkça ifade etmektedir. Bu sözle araştırmacı, bireyin ihtiyaçları doğrultusunda oluşan yapılı çevrenin aynı zamanda insan davranışlarına olan etkisini vurgulamaktadır. Dolayısıyla insan ve çevre, birbirini etkileyen karşılıklı döngü içindeki bir süreçtedir (Lefebvre, 1991). Bu sürecin ilki, çevreden etkilenen insan davranışındaki değişim iken ikinci süreç davranışlar sonucunda açığa çıkan yeni ihtiyaçlara göre çevrenin yeni gereksinimleridir (Canter, 1974). Proshansky (1976)'in, “İnşa ettiğimiz fiziksel çevre, fiziksel olduğu kadar sosyal bir olgudur.” sözüyle mekân-insan arasındaki etkileşimin, ihtiyaçların çözümündeki dengeli bir sistemi olarak görmektedir.

Kamusal alanlarla ilgili bilim insanlarının ortak görüşü fiziksel çevrenin sosyal bir olgu olduğudur. Sosyolojik olgunun en temel özellikleri bireyin kültürel, ekonomik ve psikolojik durumlarıdır. Ancak birey doğduğu andan itibaren önce ailesindeki ardından toplumun örf ve gelenekleri gibi yaşantıyı deneyimlemektedir. Dolayısıyla bireyin sosyolojik koşulları toplumun yapısından önemli ölçüde etkilenmektedir. Bilim insanlarının görüşleri doğrultusunda toplumun yapısının fiziksel mekânlara yansıdığı anlaşılmaktadır. Diğer bir deyişle bireyin yapay çevresi ile uyumu, dış fiziksel uyarılara (etkilere) karşı tepki göstererek biyolojik, fizyolojik ve psikolojik bir denge kurması ile mümkün olabilmektedir (Aslan ve ark., 2015). Bireyin bu uyumu gösterebilmesi için öncelikle çevreyi tanımasını, kısaca çevreyi algılamasını gerektirmektedir (Aydıntan, 2001; Aslan ve ark., 2015). Bireyin algısının oluşumunda ise kendi yaşamındaki geçmiş deneyimleri yani bireyin sosyolojik özellikleri önemli derecede yönlendirici olmaktadır.

Birey ve fiziki çevre arasındaki ilişkiyi tanımlamak için yapılan araştırmalarda “mimarlık” ve “psikoloji” kavramlarının bir arada kullanılması gerekliliği ortaya konulmuştur. Böylelikle çevre ile birey arasındaki uyum ve ilişki “Mimari Psikoloji” kavramıyla açıklanmaya çalışılmaktadır (Kayapa, 2010). Mimari Psikoloji olgusu bireyin çevreden almış olduğu bilginin zihninde canlandırdıktan sonraki davranış biçimini etkilediğini savunmaktadır. Davranış biçimi, mekânın kendisine hissettirmiş olduğu hisler ışığında oluşmaktadır. Bu hisler ise isim veya sıfat kelimeleri ile ifade edilmektedir (Zeisel, 2006). Örneğin bir mekân için hoş denebiliyor ise; bu mekân bireyin ihtiyacını karşılıyor denebilmektedir. Bu mekân bireyin ihtiyacı olan fiziksel konforun bileşenleri olarak sıralanan yeterli alan, görsel, işitsel, termal, akustik standartların gerekli ölçülerde çözümlendiği şeklinde algılanabilmektedir.

Bireyin gerek özel mekânda gerekse ortak alanlardaki ihtiyaçlarına yönelik çözümler için gerekli olan alanın, aydınlığın, sesin ve ısının yaratılmasıyla ancak birey işlevini o mekânda gerçekleştirebilmektedir. Bireyin ihtiyacı mekândan karşılandığı takdirde yani birey eylemini gerçekleştirdiği için mutlu olabilmektedir. Bu durumun aksi olan şekilde, bireyin ihtiyacı olan işlevi mekânın özelliklerinden dolayı gerçekleştiremiyor olmasıdır. Bu durumda da birey huzursuz ve mutsuz olabilmektedir. Neticede, mekânın fiziksel özellikleri bireyin ruh halini önemle etkilemektedir. Bu bağlamda mekânın fiziksel konfor özellikleri psikolojik konfor özelliklerini açığa çıkartmaktadır.

Fiziksel çevrenin koşullarının yeterli düzeyde sağlanmasıyla oluşan psikolojik konfor koşullarında mekâna aidiyetinin, güvende olduğunun ve mahremiyetinin sağlandığı koşullar gerekmektedir. Birey bir mekândan hoşnut olmuş ise, o mekânda kendini güvende hissetmiş, kişisel veya grup mahremiyetini sağlamış, kendini o mekânda var hissetmiş olarak görülmektedir. Aksi olan durumda ise yani bireyin mekândan keyif almaması veya mekândan hoşnut olmaması ise bireyin kendini güvende hissetmediği, mahremiyetinin engellendiği veya kendini oraya ait hissetmediği anlaşılmaktadır (Yıldırım Erniş, 2012).

Bilimsel çalışmalarda, fiziksel çevrelerdeki mimari öğelerin hem birey hem de toplum yaşamını etkileyen önemli psikolojik unsurlar olduğu kanıtlanmaktadır (Canter, 1974; Stamps ve Krishnan, 2006; Halu, 2010). Fiziksel çevrenin yaratıcıları olan tasarımcıların bireyin ve toplumun ruh halini iyileştirmede önemli görevleri bulunmaktadır. Bu çalışmanın da toplumun temel ihtiyacı olan mutluluk halinin yaratılması için etkin rolü olan tasarımcılara yol gösterdiği düşünülmektedir. Çalışmanın kentsel ölçekteki kamusal alanlar üzerinden araştırılması mimari tasarımların gelişmesi açısından oldukça gerekli ve önemli görülmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bireyin kendini güvende, mahremiyeti sağlanmış, sosyal ve statü bağlamında toplumda var oluşunu hissederek dinamik bir yaşamın parçası olma hisleriyle mutluluk hali öncelikle kendi başarısını tetikleyerek makro ölçekte toplumsal başarının anahtarını oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın iki (2) önemli problemi bulunmaktadır. Bu problemler aşağıdaki gibidir;

- Kamusal alanların bireyde açığa çıkardığı duygular nedir?
- Kamusal alanlar bireyin davranışını nasıl etkiler?

Çalışmanın sonucunda elde edilecek veriler planlanması veya sağlaştırılması düşünülen kamusal alanların mimari psikoloji bileşenleri doğrultusunda tasarlanması gerekliliği vurgulanmaktadır. Çalışmadaki kavramsal içerik, kamusal alanların yapılanmasına olan etkiler, algı kavramı, mimari ve psikoloji arasındaki ilişki konuları güncel literatür değerlendirilmesi ile analiz edilmiştir. Çalışmanın temel soruları örnek vaka analizi ile cevaplandırılmaya çalışılmıştır. Vaka analizi İstanbul ili, Avrupa Yakası'nda bulunan Beşiktaş ilçe sınırlarındaki Beşiktaş İskelesi ile Ortaköy İskelesi arasındaki trafik ve yaya akışını sağlayan Çırağan Caddesi'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışma gözleme dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Saha çalışması, hafta içi gününe denk gelen 25 Aralık 2023 tarihinde saat 12:00-16:00 aralığında güneşli bir günde, lisansüstü derecesindeki mimar mesleğine haiz olan yazar tarafından yapılmıştır. Bu cadde aksında geçirilen sürede bireylerin duygu durumunu gözlemleyebilmek için, uzun süre geçirmenin bir yöntemi olarak yürüme eylemi tercih edilmiştir. Yürüme eylemi, Ortaköy semtinin merkezinden başlayarak Beşiktaş İskelesi'ne doğru gerçekleştirilmiştir. Yazar tarafından cadde aksındaki yürüme boyunca oluşan duygular mimari psikoloji bileşenleri bağlamında değerlendirilmektedir. Çalışmanın sonucunda, fiziki çevrenin bireyin hisleri üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerinin davranış biçimini ne yönde etkilediği açığa çıkartılmıştır. Çalışma ile kamusal alanların yani fiziki çevrenin birey ve toplumun ruh hallerinin olumlu ve olumsuz yönlendirilebileceği açıkça gösterilmekte olup,

yapılması planlanan kamusal alanların mimari psikoloji bağlamında değerlendirilmesi gerekliliği açısından bu çalışma anahtar niteliğindedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Birey, içinde bulunduğu mekânı ihtiyaçları bağlamında değerlendirmektedir. Ancak değerlendirme aşamasında için geçmiş deneyimlerine ihtiyaç duymaktadır. Geçmiş deneyimler, bireyin mekândan aldığı bilgiyi zihninde işlemesine katkı sunmaktadır. Zihinde oluşan işlenmiş bilgi bireye o mekânı nasıl algılaması ve o mekânda nasıl davranması gerektiğini yönlendirmektedir.

Bu bağlamda algının literatürdeki tanımını açıklamak gerekirse “Algı”; literatürün en basit hali ile duyuşal veriler aracılığıyla çevreden bilgi alma ve çevre ile bağlantı kurma süreci olarak tanımlanmaktadır (Cüceloğlu, 1993). Algının oluşabilmesi için çevredeki uyarıcıların beyine iletilmesi gerekmektedir (Lang ve ark., 1974). Çevreden bilgi toplayan duyuşal sistemler boyutsal, işitsel, görsel ve ısı algılama olarak ayrışmaktadır (Gibson, 1968). Duyu organları tarafından beyine iletilen uyarıcılar, daha önceden beyinde kodlanmış olan bilgilerin açığa çıkmasına imkân sağlamaktadır. Beyin çalışma sistemindeki hızlıca gerçekleşen bu sistem sonucu, çevreden alınan uyarıcılar bireyin hafızasındaki bilgi ile nesnenin veya çevrenin algılanmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla algı, duyuşal ve bilişsel sürecin birlikte çalışması ile ortaya çıkmaktadır (Atkinson ve ark., 2006). Ancak bu süreçteki en önemli unsur bireyin zihnindeki bilgilerdir. Bu bilgiler bireyin sosyal, ekonomik ve kültürel yaşamının neticesinde deneyimleridir. Bu nedenle algı, çevresel uyarıcılarla birlikte anlamsal, sosyal ve kültürel bir boyutun sonucu olarak yorumlanabilmektedir.

Bireyin yaşamındaki tüm bu deneyimler, mekânın niteliklerini anlamaya (Morgan, 1995), tanımlamaya ve mekânı kullanma biçimini etkilemektedir. Rapoport (1987) da, mekânın niteliklerinin tanımlanması sonucu mekânın kullanımını seçim yapma ve karar verme süresi olarak görmektedir.

Mekânın algılanması da, duyuşal organlar sistemindeki alıcılarla birlikte kişinin deneyimi, kültürü, ekonomik ve sosyal koşullarının bütüncül çalışması sonucunda açığa çıkmaktadır. Bu bağlamda mekân hem fiziksel hem de algılanan mekân olarak ayrışmaktadır (Loomis ve ark., 1992; Örer, 2016).

#### 3.1. Fiziksel mekân

Fiziksel mekân, mekânı oluşturan sınırlayıcıların olduğu ve bu sınırlayıcı elemanların ölçülebildiği alanlardır. Fiziksel mekânlar, oluşturdukları form ve biçim gibi geometrik değerleri ile niceliksel değerlere sahip iken, yüzeyindeki doku ve renklerle de niteliksel değerlere sahip olmaktadır. Fiziksel mekânlar döşeme, tavan, duvar, merdiven gibi yapısal, koku, ses, ışık, ısı, doku ve renk gibi objektif yöntemlerle ölçümlenebilen çevresel özelliklerle bütündür (Leland, 2000).

Fiziksel mekânların formundaki ve biçimindeki oranlar mekânsal algıyı doğrudan etkilemektedir (Sadalla ve Oxley, 1984). Literatürde konu ile ilgili çalışmaları olan bilim insanlarının farklı biçimlerle tasarlanmış mekânlarda kullanıcıların algısal durumları değerlendirildiğinde her bir formdaki mekânda farklı etkilerin olduğu kanısına varılmaktadır. Yani aynı m<sup>2</sup>'e sahip ancak farklı formlardaki mekânlar kullanıcılar tarafından daha büyük veya daha küçük mekân gibi tanımlamalarının olduğu kanıtlanmaktadır (Krier, 1988).

#### 3.2. Algısal mekân

Mekân, fiziksel çevreden alınan uyarıcılarla zihnindeki bilgilerin açığa çıkması ile algılanmaktadır. Bu algı sürecini Rapoport (1997), duyuşal sistemlerin sonucundaki anlamlandırma olarak tariflemektedir. Anlamın oluşabilmesi, geçmiş deneyim ve bilgi

birikimlerinin zihinde canlanmasını gerektirmektedir. Mekânın fiziksel özellikleri (akustik, termal, görsel, koku, doku vb.) algısal mekânı yaratmaktadır (Norberg Schulz, 1971). Mekânın fiziksel özellikleri mekânı dar veya geniş, ferah veya sıkıcı, aydınlık ya da karanlık şeklindeki sıfat kelimeleriyle ifade edilmesi imkân tanımaktadır (Stamps ve Krishnan, 2006).

Bireyin algısındaki mekân, psikoloji bilimindeki birçok sıfat kelimesine karşılık gelebilmektedir (Lee ve Aronson, 1974; Bloomer, 1990). Örneğin mekân ölçeğinde geniş olumlu bir duyguyu ifade ederken, dar kelimesi sıkıcılık anlamını taşıyan bir duyguyu ifade edebilmektedir. Aydınlık mekânlar bireyde huzur, güven, iç açıcılık, ferahlık gibi anlamları taşıırken, zıttı olan karanlık sıfatı çekimsellik, huzursuzluk, güvensizlik, karamsarlık, hüzn gibi anlamları taşıyabilmektedir. Öyleyse fiziksel mekânın özelliklerinin algılanan mekânın üzerinde önemli etkisinin olduğu söylenebilir. Ancak bireyin geçmiş deneyim ve bilgileri de algılanan mekân için etken olduğundan bir mekânın algısı her bir birey için de farklı olabilmektedir. Bu durum, algılanan mekânın psiko-sosyal etki çerçevesinde tanımlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Fiziksel mekânın algısal mekâna dönüşmesi sonucunda bireyde güven, aidiyet, huzur, mahremiyet, saygınlık ve statü gibi duygusal hisler açığa çıkmaktadır. Bu hisler az, çok az, normal, iyi, çok iyi gibi derecelendirme yöntemi ile bulunabilmektedir. Birey çevredeki uyarıcıları koklama, duyma ve işitme duyuları ile alma yeteneğine sahiptir (Kayapa, 2010). Berger (1989)'e göre çevreden alınan bilginin büyük çoğunluğunun görme duyusu ile oluştuğu vurgulanmaktadır. Ancak bu algı düzeyini de bireyin hareket hızı etki etmektedir. Yürüme ve araba hızı farklı olduğundan bireyin görme düzeyi ve algısı da değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda fiziksel çevrede geçirilen süre de algılanan mekân düzeyinde etkili olmaktadır.

Mekân algısı, bireyin sosyal, ekonomik, fizyolojik ve psikolojik gereksinimlerinin ne oranda karşılanmasının neticesinde açığa çıkmaktadır. Bireyin yaşamının olumlu geçmesi için bir takım ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. Diğer bir yandan bu ihtiyaçların fiziksel ve psikolojik konfor şartlarına uyumlu olması beklenilmektedir.

### 3.3. Fiziksel ve psikolojik konfor

Bireyin mekânı algılaması temel ihtiyaçlarının karşılanmasına bağlıdır. Bireyin temel ihtiyaçları fiziksel mekânın şartlarına bağlı olarak psikolojik koşulların olumlu yaratılmasını gerektirmektedir (Baker, 1986). Bu koşulların birlikte var olması ile mekânsal konfor sağlanmaktadır. Mekânsal konfor düzeyi genel olarak iki düzey olarak incelenmektedir. Bunlar psikolojik ve fiziksel koşullardan gelen konfor standartlarıdır.

Fiziksel konforun sağlayıcıları ergonomik, işleve bağlı mekân gereksinimi, aydınlatma, termal, akustik, aydınlatma, havalandırma gibi özelliklerden oluşmaktadır. Nitekim fiziksel gereksinimler bireyin içinde bulunduğu mekânda gerçekleştireceği işleve bağlıdır. Bu nedenle mekânın işlevine göre alan büyüklüğünün sağlanması, duvar ve pencere gibi açıklıkların varlığı ve boyutları, merdiven gibi erişilebilir yapısal koşulların sağlanması, mekânın dış ses ve doğal gün ışığı ihtiyacına yönelik konumlandırılması, mekânın sıcaklığı ve soğukluğunun optimal derecelerde olması, havalandırma sisteminin rasyonel kurgulanması mekândan elde edilecek konfor düzeyinde önemli etkileri bulunmaktadır (Samani, 2012).

Bireyin mekândaki ihtiyacını karşılayamaması gibi durumlarda mekânsal konfor düzeyi olumsuz olmaktadır (Fleischer ve ark., 2001). Örneğin çalışma mekânlarındaki masa- sandalye-evrak dolabı gibi donatıların insan ergonomisi boyutlarında olmaması, donatılar arası mesafenin geçişe imkân vermemesi gibi ergonomik olmayan çözümler bireyin çalışmasını engelleyici koşulları oluşturmaktadır. Aynı mekânda aydınlık düzeyinin standart koşullarında olmaması, karanlık olması çalışmasını engelleyeceği gibi fazla aydınlatılması ise gözün yorulmasına neden olmakla birlikte bir takım sağlıkla ilgili olumsuzluklar yaratabilmektedir (Rashid ve Zimring, 2008). Diğer bir konu koku, havalandırma ve ses durumlarına karşın uygun



teknik çözümlerin yaratılmadığı durumlarda çalışma işlevi istenilen düzeyde olmayabilir (Bayızıtlioğlu, 2009). Bireyin gerçekleştirilmesi gereken işlevin gereksinimlerini içinde bulunduğu mekândan karşılaması beklenmektedir. Ancak ihtiyacı olan gereksinimleri mekânın fiziksel özelliklerinin yetersizliğinden dolayı karşılayamazsa birey kendini huzursuz hissedebilmektedir. Yani fiziksel mekân, işleve yönelik gereksinimleri karşılayamadığı takdirde bireyde bazı psikolojik durumları açığa çıkartabilmektedir. Bu durumda fiziksel özellikler psikolojik konforun oluşabilmesi için yönlendirici özellik konumda olmaktadır. Psikolojik konfor koşullarının gereksinimleri bireyin aidiyetinin, mahremiyetinin, güvenli alanda olma hissini, statü ve sosyalleşme imkânı, bireysel mesafenin sağlanması şeklindeki hislere yöneliktir. Bu hisler bireyi mutlu, huzurlu, sakin yapabildiği gibi psikolojik konforun sağlanmadığı mekânlar bireyde huzursuz, asabi, stresli gibi aksi ruh hallerini de açığa çıkartabilmektedir (Oh ve Hetkyung, 2022). Fiziksel koşullar sadece yapısal donatılar olmayıp, psikolojik hisleri açığa çıkartan renk, doku, malzeme ve form gibi özellikleri de kapsamaktadır. Örneğin renklerin birey üzerinde heyecan uyandıran, canlılık, sakinlik, rahatlama veya stres yaratan, hüzünlendiren, agresif duyguların açığa çıkmasında önemli etkileri bulunmaktadır (Müezzinoğlu ve ark., 2021). Diğer bir psikolojik konfor, bireyin kendini bir yere ait hissetme duygusu ihtiyaçların en temeli olarak görülmektedir. Çünkü birey kendini bir yere veya topluma, gruba ait hissettiğinde kendini güvende hissetmektedir. Böylelikle kendini güvende hisseden bireydeki huzur hissini açığa çıkmasıyla kişiye özgüven ve başarı gibi üstünlükler getirebilmektedir. Şayet bir birey kendini o yere ait hissetmiyorsa bir şeyi gerçekleştirme isteğinden çekinebilmekte olup kendini soyutlamaya itebilmektedir (Relph, 1976; Tuan, 1997; Yıldırım Ermiş, 2012). Bir başka psikolojik konfor düzeyi mahremiyettir. Bireyin mekânda gerçekleştireceği eylem özelliğine göre mesafe ihtiyacı duymaktadır. Bu mesafe özel, kişisel, sosyal ve toplumsal özelliklere bağlı olarak değişim göstermektedir (Hall, 1990). Eyleme uygun mesafe koşullarının sağlanmaması halinde bireyde asabiyet, huzursuzluk ve stresli duygular açığa çıkabilmektedir.

### 3.4. Alan çalışması: Beşiktaş İskelesi - Ortaköy semtini bağlayan yaya aksı

Beşiktaş, İstanbul ilinin Avrupa Yakası'nın bir ilçesidir. İlçe tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Bu nedenle kültürel ve yerleşim dokusu bakımından çeşitliliğe hakimdir. Beşiktaş ilçesinin Osmanlı Dönemi'ne denk gelen 16.yy'da gelişerek kentleşme olgusu hızlanmıştır. Bu dönemde köşk, saray, külliye, cami, medrese ve konut yapıları ile birçok kamusal alan inşa edilmiştir (Eryeşil, 2024). İlçenin sahil şeridinde bulunması bu kültürün oluşmasına da katkı sağlamaktadır. Konut yapılarının gelişimi ve ticari fonksiyonların çeşitlenmesi ile artan nüfusun hareketini sağlamak üzere deniz ulaşımı gelişerek iskele yapıları inşa edilmiştir. Bu çalışma kapsamında da İstanbul ilinin Avrupa Yakası'ndaki Beşiktaş ilçe sınırlarında bulunan Ortaköy semti ile Beşiktaş İskelesini bağlayan Çırağan Caddesi'nin etrafındaki yapıların mimari psikoloji bağlamında kullanıcı memnuniyeti değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Beşiktaş ve Ortaköy semtlerini birbirine bağlayan Çırağan Caddesi (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)

Trafik ve yaya akışının bulunduğu Çırağan Caddesi, Beşiktaş İskelesi ile Ortaköy semtini birbirine bağlayan ana akstır (Şekil 1). Bu aksın güney ve güney doğu yönünde Marmara Denizi; kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu yönünde ise konut, ticari ve yeşil alan işlevindeki yapılaşmalar mevcuttur.

Çırağan Caddesi gidiş dönüş olmak üzere üç şeritli bir trafik akışındadır. Her iki kenar şeridin yanında ise yaya erişimini ve hareketini sağlamak için kaldırım bulunmaktadır. Mekân algısı görme duyusu ile daha yüksek oranda gerçekleştiği bilimsel alanda kanıtlamıştır (Özer, 2022). Ayrıca bir nesnenin görülmesi ve algılanması hıza bağlı değişiklik gösterdiğinden yürüme eylemi ile mekânın algılanması bu çalışma için daha değerli bulunmuştur.



Şekil 2. Cadde aksındaki kaldırım ve yapılaşma düzeni (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)

Beşiktaş-Ortaköy semti arasında yürüme eylemi gerçekleştirilirken Şekil 2’de görüldüğü üzere caddenin her iki tarafında yapılaşmaların olduğu gözlemlenmektedir. Ancak bu yapılaşmaların cadde ile bağlantıları, etkileşimleri ve iletişimleri farklılık göstermektedir.

Örneğin Şekil 2’deki 1 nolu görselde yapıların kütle yüksekliğinin yaklaşık 6.00 metre olduğu görülmektedir. Ancak cadde boyunca bu yapıların yüksekliği değişkendir. Ancak yola cephesi olan yapıların cephelerinde herhangi kapı veya pencere gibi açıklıklar bulunmamaktadır. Fakat bu yapıların girişi olarak tanımlanan alanlardaki boşluk hem mekânın algılanması hem de aksa paralel olan deniz kıyısının görülmesine imkân tanımaktadır. Bu yapıların bahçe ile sokak ayrımını tanımlayan parapet duvarları ise yaklaşık 1.20 m yüksekliğinde olup, yetişkin bir bireyin yapının içini görebilmesine imkan tanımaktadır. Yarı açık alanların varlığı bireyin mekânı tanımasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle mekânın kamusal alan mı, yarı kamusal alan mı veya özel bir alan mı olduğunun tanımını yapabilmektedir. Mekânın kullanım amacını kendi deneyimleri ile algılayan birey ise o mekânın kendisinin ihtiyacına yönelik uygun olup olmadığı kanısını da çıkarabilmektedir. Burada önemli olan nokta şudur ki; o mekânın kullanım amacı ile birlikte kullanıcılarının niteliğidir. Birey o mekânın yanından yürürken güvenli veya güvenli olmayan bir yolda olduğu hissine kapılabilmektedir. Çünkü birey kendinin nerede olduğunun farkında olduğu süreçte güven duygusunun boyutlarına erişebilmektedir (Atakan, 2018). Yazar açısından da yürüme eylemini gerçekleştirdiği zaman ve saat bağlamında sokakların sakinliği her ne kadar kendini dinlemesi, yaşamını düzenleyici düşünceleri yeniden ele alması, kendini motive edecek hayaller kurması gibi faaliyetleri olsa da başka bireylerin de alanda varlığını da görmek güvenli bir alanda yürüdüğü hissini yaşatmıştır. Çünkü تنها yerlerde yürümek güvenlik açısından bazı





Şekil 4'te görüldüğü üzere cadde aksı yanında tamamen kapalı taş duvarların yola bakan cephelerinde Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk'ün görselleri bulunmaktadır. Fiziksel çevreden görme duyusu ile alınan bu uyarıcılar sayesinde kültürel değerlerimizin hatırlanmasına imkân tanınmaktadır. Kültürel değerler bir ülke için her zaman önemlidir. Toplumun değerlerini hatırlaması ve değerlere sahip çıkması ile toplumsal barış ve huzur sağlandığı gibi toplumun aidiyet duygusunun gelişimine destek vermektedir (Atakan, 2018). Sahada deneyimini gerçekleştiren yazar açısından da bu duygular yeniden açığa çıkmıştır. Duvardaki bu görseller yazarın yüzünde hoş bir gülümseme bırakmış olmakla birlikte, ilerleyen metrelerde daha farklı görselleri göreceği için heyecan, merak gibi duyguları da açığa çıkarmıştır. Ayrıca toplumsal kültür açısından bakıldığında, toplumun bu görselleri özenle korumuş olduğunu görmek de ayrı bir gurur kaynağı olmuştur.

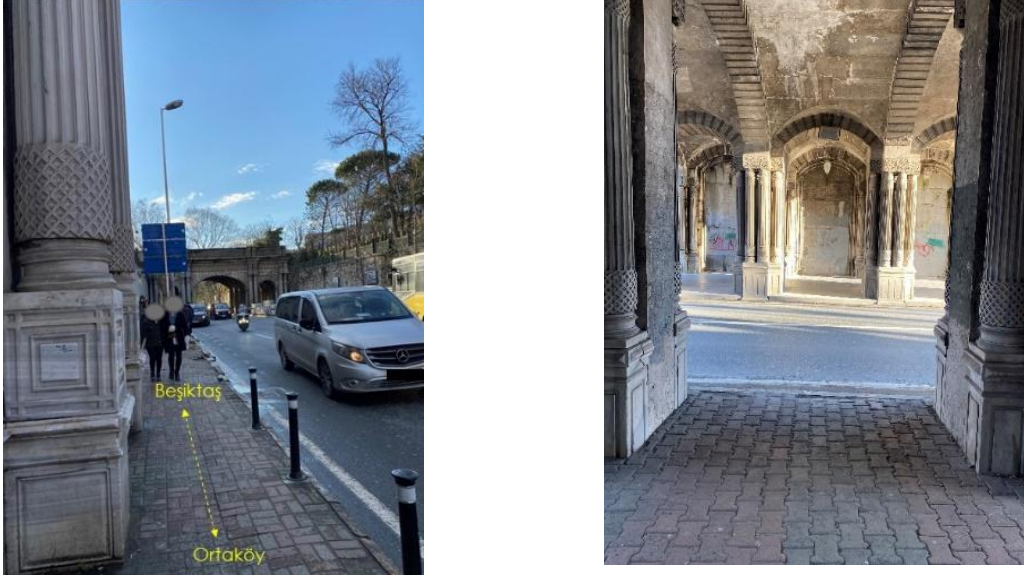
Şekil 4'teki görselde görüldüğü gibi geçmiş dönem yapısı olduğu çevredeki yapılaşmadan anlaşılabilir. Böylesi tarihi özellikleri barındıran bir yapının yolun bir üst kotundaki yeni dönem yapılaşması hemen göze çarpmaktadır. Ancak bu yapı güzelliği veya ihtişamı açısından göze çarpmamaktadır. Eklenti yapının formu, rengi, malzemesi ve ölçüleri bağlamında tarihsel dokuya uymadığı gerekçesiyle dikkat çekmektedir. Yürüme eylemini sakinlikle geçiren yazarda bu durum bir hüzne, merak ve sorgulamaya neden olmuştur.



Şekil 5. Cadde boyunca kütle - yol ve cephe özellikleri (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)

Kültürel değerlerimizin hatırlanmasına yönelik olan görsellerin Şekil 5'te de görüldüğü gibi aks boyunca devam etmektedir. Yine şekil 5'te görüldüğü üzere dış cephe kütle, parapet duvarının yüksekliği, kaldırım ve yol genişliklerinin oranları yol boyunca korunmaktadır. Tamamen kapalı parapet duvarlarındaki tercih edilen malzemelerin, renklerin ve dokularının çeşitlilik gösterdiği görsellerden de algılanmaktadır. Şekil 5'te görülen parapet duvarındaki renk olan krem ve yavruağzının birlikte kullanılmasıyla saha deneyimini gerçekleştiren yazarda neşe, güven, yaratıcılık ve heyecan gibi duygu durumları açığa çıkmıştır. Yapıdaki rengi yanı sıra duvar süslemesindeki çeşitlilik ise yazarda ayrıca olumlu anlamda dinamik bir ruh haline getirmiştir.

Yapı-insan ölçeği bağlamındaki irdelendiğinde; cadde aksında var olan yapıların insana baskın bir boyutta olmadığı hissi bulunmaktadır. Kaldırım ve yol genişliklerinin optimalde çözümlenmesi, yeşil alanların aks boyunca belirli aralıklarla olması ve gökyüzünün rahatlıkla görülmesi yürüme eylemini gerçekleştiren bireyde olumlu duyguların devam etmesine neden olmuştur.



Şekil 6. Çırağan Sarayı'nı Yıldız Parkı'nı bağlayan geçit (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)

Ülkemizin tarihinde İstanbul kentinin önemli bir yeri bulunmaktadır. Şekil 6'da görülen yapı da ülkemizin geçmişini hatırlatmaktadır. Kültürel mirasımızın gelecek kuşaklara aktarılmasıyla kültürel sürdürülebilirliğin sağlanması ve değerlerimizin yaşatılması adına önem arz bu yapı cadde aksında yer almaktadır. Yapının zengin, ihtişamlı tarihi ve mimari özellikleri, bireyde merak, heyecan, geçmişin hatıralarını anmak gibi duygusal hisleri açığa çıkartmaktadır. Yürüme eylemini gerçekleştiren yazar açısından da Ortaköy semtinin merkezinden sakinlik ve huzur duyguları içinde yürürken böyle bir yapıyla karşılaşması bölgenin tarihsel bir öneminin olduğunu hatırlatmıştır. Ayrıca Ülkenin geçmişini hatırlarken o dönemin de hem yaşam koşullarını hem de meslek gereği mimarlık disiplinin ne kadar önemle ele alındığını düşündürmüştür. Neticede bu yapı yazarda heyecan, merak, geçmiş i irdeleme, aidiyet ve saygı gibi önemli duyguları açığa çıkartmıştır.



Şekil 7. Beşiktaş İlçesine yaklaşırken trafik yoğunluğunu gösterir görsel (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)



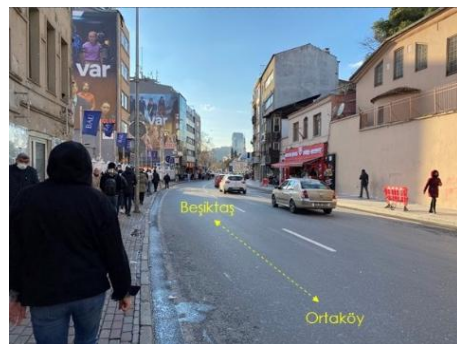
Tarihi yapının ardından Beşiktaş Meydanı'na doğru ilerlerken yolun genişlemesi ile trafiğin yoğunlaşması göze çarpmaktadır. Bu trafik yoğunluğu Şekil 7'deki görselde görüldüğü üzere trafik ışıklarıyla da vurgulanmaktadır.

Fiziksel konfor şartlarının bir gereği olan işitsel konfor bireyin gerçekleştirmek istediği işleve göre psikolojik konforunu etkilemektedir. Gürültünün yokluğu ve gereğinden fazlalığı ise bir takım fiziksel ve psikolojik sağlık sorunlarına neden olduğu bilinmektedir (Gerlach, 1974). Ancak yürüme eyleminin yapıldığı Çırağan Caddesi'ndeki bu bölge yoğun trafik sesine hâkim olduğundan bireyin hayatını şekillendirmek adına kurgulamakta olduğu düşüncelerini bırakmak ya da ara vermek durumundadır.

Yürüme eylemini gerçekleştiren yazar da artık trafik ve yaya yoğunluğu olan bir alana doğru gittiği hissine kapılmıştır. Yürüme eyleminin Ortaköy semtinden Beşiktaş İskelesi'ne doğru olduğu göz önüne alındığında, yazar açısından yolun başındaki hissedilen sakinlik, huzur ve güven hissi yerine dikkat edilmesi gerektiği hissi oluşmuştur. Çünkü bu trafik yoğunluğundaki araç sesleri, yer yer korna sesleri ile yazar düşüncelerine odaklanamamaktadır. Yazar artık kendini dinlediği ve geleceğini iyileştirmek için kendini motive eden hayallerin kurulması gibi düşüncelerini bırakması gerektiği hissine kapılmıştır. Bu düşünceler yerine daha yaşamını var haliyle devam ettirmesi, can ve mal güvenliği açısından kendini koruması gerektiği hissi var olmuştur.



Şekil 8. Cadde aksındaki yeni dönem cephe düzeni (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)



Şekil 9. Beşiktaş İlçesinin yapı - sokak ilişkisi (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)

Beşiktaş Meydanına doğru yürüme eylemi gerçekleştiren yazar geçmişin izlerinden günümüz 2020’li yıllara doğru geldiğini algılayabilmektedir (Şekil 8). Cadde aksının yer yer tek, yer yer çift tarafında yeni teknolojilerle inşa edilmiş yapı ve cepheleri göze çarpmaktadır.

Cadde aksındaki yapı yüksekliklerinin de arttığı, yapıların beş ila altı katlı olduğu görülmektedir. Ticari ve ofis gibi farklı işlevli mekânların daha fazla olduğu bu bölgedeki yapıların zemin kat cepheleri genellikle saydam malzeme olan cam ile çevrelenmiştir. Bazı yapıların zemin katlarında bölge halkının ihtiyacına yönelik olan küçük işletmeler bulunmaktadır (Şekil 9). Cadde aksındaki bu yapılaşmanın Ortaköy semtindeki yapılaşma döneminden farklı bir dönemde inşa edildiği mimari cephe karakteristiğinden çok net bir biçimde anlaşılmaktadır. Aynı aksta farklı dönemleri hissetmek geçmiş ve günümüz arasındaki gerek mimari gerekse teknolojik ve hatta yaşam tarzlarındaki farklılık da net bir şekilde ayırt edilebilmektedir.

Aksın sonuna doğru geldiğinde yani Şekil 9’daki bölgeye geldiğinde yoğun bir kentleşme hayatına geldiğinin, böylelikle hızla akan trafik, hızla yürüyen ve bir yere yetişme telaşı olan diğer bireylerle de karşılaşacağını farkına varmıştır.



Şekil 10. Beşiktaş Meydanı (Yazarın kişisel arşivinden alınmıştır)

Beşiktaş Meydanı, bir birey için yaşamının bir eylemini gerçekleştirmek üzere başlangıç veya bitiş noktasıdır. Toplumun bir arada olmasına olanak sağlayan bu kamusal alan işlevinin yanı sıra deniz ulaşımı için iskeleye ev sahipliği de yapmaktadır (Şekil 10). Bu durumda her bir bireyin ihtiyacına yönelik duygu durumu değişiklik göstermektedir. Yazar açısından da bu duygu durumu yaşanmıştır. Nitekim yazarın asıl amacı, Ortaköy semtinden Beşiktaş İskelesi’ne doğru yürümek ve bu akstaki hangi duygu durumlarının açığa çıktığını tespit etmektir. Yazar amaçladığı işlevi bu noktada sonlandırmıştır. Yaşamındaki yeni işlevleri gerçekleştirmek için iskeleyi kullanarak alandan ayrılmıştır.

### 3.5. Beşiktaş ve Ortaköy ilçelerini bağlayan yürüme aksının mimari psikoloji üzerinden değerlendirilmesi

Kamusal alanda kullanılan mimari elemanlar, bireylerin psikolojik konfor düzeylerini önemli ölçüde etkilemektedir. Fiziksel elemanların rengi, formu, biçimi, doku ve malzeme özellikleri bireyin de algısına bağlı olmak kaydıyla etkilenmektedir. Ancak psikolojik konforun her ne kadar kişiden kişiye değişken olduğu vurgulanmış olsa da psikolojik konforu sağlayan mimari özelliklerin standartları test edilerek kanıtlanmıştır (Altan, 2010).

Çalışmada İstanbul ili, Avrupa Yakası’nda bulunan Beşiktaş-Ortaköy semtlerini araç ve yaya ulaşımıyla birbirine bağlayan caddedeki fiziksel yapılaşmanın birey üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme psikolojik konfor bileşenlerini oluşturan kavramlar üzerinden ayrı ayrı olarak ele alınmaktadır. Bu bileşenler ve aks üzerindeki duygu durumları aşağıda belirtilmektedir.

**Aidiyet:** Cadde üzerinde bulunan yapılarda Ülkenin simge değerlerinin yansıtıldığı görseller sayesinde gururlu yüzleri görmek, yazara sıcaklık hissi uyandırarak yazarda aidiyet duygusunu açığa çıkartmıştır.

**Mahremiyet:** Cadde üzerinde yürüyen tek bir birey için tanımadığı başka biriyle arasındaki mesafenin sağlanması önemli olmaktadır. İki veya daha fazla grubun birlikte rahatça yürüyebilmesine imkân veren kaldırım ölçüleri ise konfor düzeyini olumlu etkilemektedir. Ancak yerleşim bölgesinin çok eski dönemlere ait olması nedeniyle kaldırım ölçüleri yer yer değişiklik göstermiş olsa da kısa süreli yürümeye denk geldiğinden olumsuzluk yaratmamaktadır.

**Güvenlik:** Cadde üzerinde konumlanan farklı işlevli yapıların olması, yer yer bu yapıların içlerinin görülebilmesi, akstaki trafik ve yaya ulaşımının hareketliliği nedeniyle yazar kendinin güvenli bir alanda olduğunu hissetmiştir.

**Statü ve Sosyalleşme:** Cadde üzerinde yürümek, sahili ve gökyüzünü rahatlıkla görebilmek, bir mekânda oturabilmek, bireyin başkasıyla temasını gerçekleştirmesi toplumda kendini var edebilmesine olanak tanımaktadır. Toplumda kendini var hissedebilen bir birey ancak huzurlu ve mutlu olabilmektedir. Yazar da bu duyguları aks boyunca deneyimlemiştir.

Ancak Çırağan Caddesi'ndeki aksın başında yürüme eylemini başlatan yazar huzur, sakinlik, rahatlama, aidiyet, dinamiklik gibi duyguları beslerken aynı zamanda ülkenin kültürel geçmişini de hatırlarken, Beşiktaş İskelesi'ne doğru ilerlediğinde duygu durumu tam zıt olarak değişmiştir. Çünkü sakinlik yerine yoğunluk, huzur yerine strese, kaygıya bağlı huzursuzluk, tarih yerine modern çağ, güven yerine güvensizlik gibi duygular açığa çıkmıştır. Bu duygular da davranış biçimini yönlendirmiştir. Nitekim hareketli bir alanda can ve mal güvenliğinin sağlanması bilinciyle kişisel eşyalar korunmaya başlanmış, adımları hızlandırma gereği oluşmuştur.

#### 4. Sonuçlar

Halu (2010)'da kamusal alanların bu bağlamda sosyal bir olgu olduğunu savunmaktadır. Çünkü kamusal alanlar, kentin yaratılmasında ve imajının oluşumunda gerekli olan, bireyin kentli olma tecrübesinin, kültürel kimliği ile bireysel gelişiminin açığa çıktığı mekânlardır. Kamusal alanlar, bireyler arasındaki plansız bir şekilde temas yaratan, yabancılarla veya arkadaşlarla etkileşimi kolaylaştıran yerlerdir (Kohn, 2004). Bu bağlamda, kamusal alanlar sosyal açıdan değerlendirildiğinde, bireylerin sosyal yaşamlarını etkileyen karşılaşma, sohbet etme, tanışma gibi eylemlerinin gerçekleşmesine imkân verirken, bireysel olarak da keyifli zaman geçirme gibi aktivitelere de imkân verebilmektedir. Ancak bir birey kamusal alanda zaman geçirirken, bulunduğu fiziksel çevredeki mimari öğelerin bireyde uyandırdığı bazı hislerin olduğu kanıtlanmıştır (Brown, 2006). Bireylerin kamusal alandaki memnuniyetlerinin sağlanması için mekânsal konfor şartlarının da optimal standartlarda çözümlenmesi beklenmekte iken (Gerlach, 1974), aynı zamanda psikolojik konfor standartlarının da karşılanması gerektiği bilinmektedir. Birey var olduğu fiziksel çevrede aidiyeti gelişmiş, mahremiyeti sağlanmakta, sosyalleşmeye imkân tanınmakta, toplumda kendinin bir yeri olduğunu görebilmekte, güvenli bir alanda yaşadığına inanmakta ve geleceğe enerji dolu bir ruh hali ile bakabilmekte ise ancak o zaman psikolojik açıdan gelişmiş olabilmekte ve kullanıcı memnuniyet değeri yükseltilmektedir. Nitekim insanoğlunun varlığı boyunca yerleşimlerin de gelişeceği ve yeni ihtiyaçlarla şekilleneceği açıktır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında kullanıcı memnuniyet değerlerini yükseltebilecek bazı öneriler bulunmaktadır. Bu öneriler aşağıdaki gibidir;

- Fiziksel çevrelerde yapı yüksekliği insan ölçeğine duyarlı olmalıdır.

- Kamusal alanlarda tercih edilen mimari öğelerin dokusu, biçimi ve rengi bireylerin psikolojik sağlığını olumlu olarak geliştirecek özellikte olmalıdır.
- Yeniden planlaması mümkün olmayan yapılar (tescilli taşınmaz kültür varlıkları) için, günümüz koşullarındaki ihtiyaçların çözümlenmesi için kullanıcı memnuniyetini arttırmaya yönelik mobil öneriler geliştirilmelidir.
- Kültürel miras ile çağdaş yapıların bir aradaki kullanımındaki kamusal alanlarda, yeni gelişen ihtiyaçlar için hızlı ve etkin çözüm önerilerinin sunulması beklenmektedir
- Farklı döneme ait aynı akstaki yapıların biçim, renk, malzeme gibi özellikleri bireyler üzerinde yarattığı ani duygu geçişlerine engel olunmalı, bireydeki duygu durumlarının aşamalı geçişi sağlanmalıdır.
- İnsanoğlunun varlık amacı mutluluk olduğu varsayıldığından (DTÖ, 2025), mutluluğa giden huzur, sakinlik, güvende olma hissi, aidiyet, mahremiyetin korunması gibi duyguların sürdürülebilir olması için kamusal alandaki mimari tasarımların bu yönde geliştirilmesi beklenmektedir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### Kaynaklar

- Altan, İ., 2012. Mimarlıkta mekân kavramı. *Studies in Psychology*, 19: 75-88.
- Aslan, F., Aslan, E., Atik, A., 2015. İç mekânda algı. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(11): 139-151.
- Atakan, G., 2018. The discussion of Turkey's "space - dwelling" notions in the context of 'value': A theoretical analysis. *GRİD*, 1(1): 51-76.
- Atkinson, R.L., Atkinson, R.C., Smith, E.E., Bem, D.J., Hoeksema, S.N., 2006. Psikolojiye Giriş (Çev. Yavuz Alogan), Arkadaş Yayınevi.
- Aydıntan, E., 2001. Yüzey kaplama malzemelerinin iç mekân algısına anlamsal boyutta etkisi üzerine deneysel bir çalışma. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Baker, J., 1986. The role of the environment in marketing services: The consumer perspective. In J. Czepiel, Et Al. (Ed.), *The Services Challenge: Integrating For Competitive Advantage*, American Marketing Association, Chicago, 79-84.
- Bayızıtlioğlu, B., 2009. İnsan-Mekân İletişimi. Edumar Eğitim Market.
- Berger, A.B., 1989. Seeing Is Believing – An Introduction To Visual Communication. Mayfield Publishing Company.
- Bloomer, C., 1990. Principles Of Visual Perception. London: Herbert.
- Brown, A., 2006. Contested space: Street trading, public space and livelihoods in developing. *Cities*, 10.
- Canter, D., 1974. Psychology For Architects. Applied Science, London.
- Churchill, W.S., 1943. Speech In The Meeting In The House Of Lords. The House of Commons, UK Parliament.
- Cüceloğlu, D., 1993. İnsan ve Davranışı. İstanbul: Remzi
- Eryeşil, E.N., 2024. İstanbul Beşiktaş ilçesinin tarihi kentsel peyzaj yaklaşımı bağlamında değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Fleischer, S., Krueger, H., Schierz, C., 2001. Effects of brightness distribution and light colors on Office staff, Lux Europa. *9th European Lighting Conference*, Reykjavik, s.76-80.
- Gerlach, K.A., 1974. Environmental design to counter occupational boredom. *Journal of Architectural Research*, 3: 15-19.
- Gibson, J.J., 1968. *The Senses Considered As Perceptual Systems*. Gerorge Allen and Unwin Ltd, London.
- Göregenli, Ö., 2013. *Çevre Psikolojisi; İnsan ve Mekân İlişkileri*. İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Hall, E.T., 1990. *The Hidden Dimension*. Doubleday, New York.
- Halu, Y.Z., 2010. Kentsel mekân olarak caddelerin mekânsal karakterinin yürünebilirlik bağlamında irdelenmesi Bağdat Caddesi örneği. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kayapa, N., 2010. Gerçek ve sanal gerçeklik ortamları arasındaki algısal farklılıklarda görselleştirmeye ilişkin özelliklerin araştırılması. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kohn, M., 2004. *Brave New Neighborhoods. The Privatization of Public Space*.
- Krier, R., 1988. *Architectural Composition*. Rizzoli International Publications, New York
- Lang, J.E., Burnette, C., Moleski, W., Vachon, D., 1974. *Fundamental Processes of Enviromental Behavior, Design for Human Behavior: Architecture and Behavior sciences*. J. Lang (Ed.), Hutchinson&Ross Inc., Pennsylvania.
- Lee, D., Aronson, E., 1974. Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics*, 15(3): 529-532.
- Lefebvre, H., 1991. *Critique Of Everyday Life* (1. Baskı). (Çev. John Moore), London: Verso
- Lefebvre, H., 2000. *La Production de l'espace*, Paris: Anthropos (4. Baskı). Avec Une Préface de R. Hess.
- Leland, M.R., 2000. *Mimarlığın öyküsü*. (Çev. Ergün Akça), Kabalcı Yayınevi. İstanbul.
- Loomis, J., da Silva, J., Fujita, N., Fukusima, S., 1992. Visual space perception and visually directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(4): 906-921.
- Meiss, P., 1992. *Elements of Architecture*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Morgan, T.C., 1995. *Psikolojiye Giriş*. (Çev. Sirel Karataş), Hacetepe Üniversitesi, Psikoloji Bölümü Yayınları, Ankara.
- Müezzinooglu, M.K., Hidayetooglu, M.L., Yıldırım, K., 2021. The effects of light color temperatures on students' perceptual evaluations in design studios. *Color Research and Application*, 46: 1006-1018.
- Norberg Schulz, C., 1971. *Existence, Space And Architecture*. Praeger Publishers, Great Britain.
- Oh, J., Hetkyung, P., 2022. Effects of changes in environmental color chroma on heart rate variability and stress by gender. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19: 5711.
- Ökmen, K., Satıcı, B., 2021. Renk ve ışığın kullanıcı üzerindeki psikolojik etkileri üzerine örnek mekân incelemesi. *Journal of Technology and Applied Sciences*, 4(1): 33-46.



- Örer, Z., 2016. Emotional responses towards the use of rectilinear, symmetrical curvilinear and asymmetrical curvilinear forms in virtual environments. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi, Ankara.
- Özer, A., 2022. Kamusal mekânların dizimsel, biçimsel ve algılanabilirlik düzeyinin değerlendirilmesine yönelik bir yöntem önerisi: Sultanahmet ve Galata Meydanları. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Özsavaş, N., 2015. Renk: Bir değerlendirme ölçütü olarak iç mekân tasarımındaki önemi ve bir ders içeriği önerisi. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Proshansky, H., 1976. Environmental Psychology: People And Their Physical Settings (2. baskı). Holt McDougal.
- Rapoport, A., 1987. On the cultural responsiveness of architecture. *Journal of Architectural Education*, 41: 10-15.
- Rapoport, A., 1997. Human Aspects Of Urban Form: Towards A Man-Environment Approach To Urban Form And Design. Pergamon Press, Great Britain.
- Rashid, M., Zimring, C., 2008. A review of the empirical literature in the relationships between indoor environment and stress in health care and office setting: Problems and prospects of sharing evidence. *Environment and Behavior*, 40(2): 151-190.
- Relph, E., 1976. Place And Placelessness. London: Pion Limited.
- Sadalla, E.K., Oxley, D., 1984. The perception of room size: The rectangularity illusion. *Environment and Behavior*, 16: 394-405
- Samani, S., 2012. The impact of indoor lighting on students' learning performance in learning environments: A knowledge internalization perspective. *International Journal of Business and Social Science*, 3(24): 127-136.
- Stamps, A.E., Krishnan, V.V., 2006. Spaciousness and boundary roughness. *Environment and Behavior*, 38(6).
- Tuan, Y.F., 1977. Space And Place: The Perspective Of Experience. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Yıldırım Erniş, İ.I., 2012. Fiziksel elemanların yüzer yapılarda mekân algısına olan etkileri: Çevre ve insan davranışı ilişkisi bağlamında irdelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zeisel, J., 2006. Inquiry By Design: Environment/Behavior/Neuroscience In Architecture, Interiors, Landscape, And Planning. W.W. Norton & Company, New York.
- Zevi, B., 1990. Mimariyi Görmeyi Öğrenmek (1. Baskı). (Çev. H. Demir Divanlıoğlu), Birsan Yayınevi, İstanbul.

## EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16878089>

## Al-Fe Alaşımlarının Mikro Yapısı ve Sertliği Üzerinde Demir İçeriği ve Sinterleme Sıcaklığının Etkisi

Said ERAY \*1

<sup>1</sup> Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye  
Sorumlu Yazar Email: s.eray@sivas.edu.tr

### Makale Tarihi

Geliş: 23.07.2025  
Kabul: 20.08.2025

### Anahtar Kelimeler

Al-Fe Alaşımlar,  
Mikroyapı,  
Sertlik,

**Özet:** Bu çalışmada, Al-Fe esaslı alaşımların mikroyapı ve sertlik özellikleri üzerine demir içeriği ve sinterleme sıcaklığının etkileri incelenmiştir. Toz metalurjisi yöntemiyle üretilen numuneler 610 °C ve 640 °C sıcaklıklarda sinterlenmiş, ardından SEM görüntüleme ve Brinell sertlik deneyleri uygulanmıştır. Mikroyapı analizleri, düşük sinterleme sıcaklığında (610 °C) bazı demir parçacıklarının Al matrisiyle yeterli reaksiyona girmediğini göstermiştir. Buna karşılık, 640 °C'de sinterlenen numunelerde Al<sub>3</sub>Fe intermetalik fazların daha homojen dağıldığı ve büyük Fe parçacıklarının ortadan kalktığı tespit edilmiştir. Sertlik sonuçları, hem artan demir içeriğinin hem de yüksek sinterleme sıcaklığının Brinell sertliğini artırdığını ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, uygun sinterleme sıcaklığı ve alaşım oranlarının seçilmesinin, Al-Fe alaşımlarının mekanik performansını önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir.

## Effect of Iron Content and Sintering Temperature on Microstructure and Hardness of Al-Fe Alloys

### Article Info

Received: 23.07.2025  
Accepted: 20.08.2025

### Keywords

Al-Fe Alloys,  
Microstructure,  
Hardness,

**Abstract:** In this study, the effects of iron content and sintering temperature on the microstructure and hardness of Al-Fe-based alloys were investigated. Samples were produced via the powder metallurgy method and sintered at 610 °C and 640 °C. Scanning electron microscopy (SEM) and Brinell hardness tests were conducted for characterization. Microstructural analyses revealed that some iron particles remained unreacted at 610 °C, while at 640 °C, the formation and homogenization of Al<sub>3</sub>Fe intermetallic phases were more evident. The hardness results showed that both increasing Fe content and higher sintering temperature contributed to improved Brinell hardness. These findings suggest that optimizing the sintering temperature and alloy composition can significantly enhance the mechanical performance of Al-Fe alloys.

## 1. Giriş

Al-Fe alaşımları, yüksek mekanik mukavemet, avantajlı korozyon direnci ve çeşitli işleme tekniklerine uyum sağlama özelliklerini bir araya getiren benzersiz bir malzeme sınıfını temsil eder. Alaşımlama stratejileri ve işleme yöntemleri üzerine yapılacak daha fazla araştırma, otomotiv, havacılık ve denizcilik uygulamalarındaki kullanımlarını önemli ölçüde etkileyebilir ve bu da pratik uygulamalardaki tüm potansiyellerinin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Al-Fe alaşımlarının dikkat çekici özelliklerinden biri, büyük ölçüde demirin varlığından etkilenen mikroyapısal özelliklerine atfedilen etkileyici mekanik mukavemetleridir. Araştırmalar, Al-Fe alaşımlarının, yüksek enerjili bilyalı öğütme gibi koşullar altında oluşan



nanokristalin yapı sayesinde önemli plastik gerilmeye birlikte yaklaşık 1 GPa'lık bir basınç dayanımına ulaşabileceğini göstermektedir (Gupta ve ark., 2015). Ayrıca, AlFe, Al<sub>3</sub>Fe ve Al<sub>5</sub>Fe gibi metaller arası bileşiklerin varlığı, bu alaşımların hem mekanik özelliklerini hem de korozyon direncini önemli ölçüde artırabilir (Nakano ve ark., 2013).

Al-Fe alaşımlarının korozyon davranışı kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve uygun şekilde işlendiklerinde çukurlaşma korozyonuna karşı direnç göstermedeki etkinlikleri ortaya konmuştur. Örneğin, Nakano ve ark., yüksek basınç burulmasına tabi tutulan Al-Fe alaşımlarının, aşındırıcı maddelere karşı etkili bariyerler görevi gören alüminyum oksit filmlerinin artan oluşumu nedeniyle gelişmiş korozyon direnci gösterdiğini bildirmiştir (Nakano ve ark., 2013). Dahası, krom gibi belirli alaşım elementlerinin eklenmesinin, koruyucu intermetalik fazların oluşumu yoluyla gelişmiş korozyon direncine katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Seikh ve ark., 2016). Ek olarak, karbonun alüminyum açısından zengin demir alüminidlerin korozyon özellikleri üzerindeki olumlu etkisi tartışılmış ve bu da alaşımlama stratejilerinin sulu ortamlardaki performansı önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir (Silva ve ark., 2022).

Al-Fe alaşımları, mikro yapısal özellikleri ve içerdiği elementlerin etkileşimi sayesinde dikkat çekici sertlik değerleri sergilemekte olup, bu da onları mühendislik uygulamaları açısından önemli kılmaktadır. Sertliğin iyileştirilmesi amacıyla yapılan araştırmalarda, alaşım kompozisyonunun yanı sıra üretim yöntemi ve ısıl işlemlerin de belirleyici olduğu görülmektedir. Örneğin, Faria ve ark., (Faria ve ark., 2023), Al-5Ni-1Fe alaşımının ikili sistemlere göre %13 ile %102 arasında daha yüksek sertlik gösterdiğini belirterek Al, Ni ve Fe elementleri arasındaki sinerjiyi vurgulamıştır. Benzer şekilde, Zhou ve ark., (Zhou et al., 2014), alüminyum oranı arttıkça katı çözümlü sertleşmesi nedeniyle Fe-Al alaşımlarının sertliğinin de arttığını göstermiştir.

Sertliğin yalnızca bileşimden değil, aynı zamanda üretim tekniğinden de etkilendiği Bandriyana ve ark., (Bandriyana ve ark., 2023) tarafından ortaya konmuş; toz metalürjisiyle üretilen Fe-Cr-Al alaşımlarının sertlik değerlerinin geleneksel paslanmaz çeliklerle karşılaştırılabilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Shurkin ve ark., (Shurkin ve ark., 2020) tarafından yapılan çalışmalarda demir ilavesinin katı çözümlü özelliklerinin korunmasına katkı sağladığı ve bu sayede döküm sırasında faz bileşiminin sertliği belirlediği ifade edilmiştir. Isıl işlemin de sertliğe etkisi, Mi ve ark. (2011) tarafından Cu-Al-Fe alaşımları üzerinde yapılan çalışmalarda vurgulanmış; yaşlandırma sürecinde oluşan fazların sertlik değerini doğrudan etkilediği gösterilmiştir. Tüm bu çalışmalar, Al-Fe bazlı alaşımlarda hem kompozisyonun hem de süreç parametrelerinin optimize edilmesiyle mekanik performansın önemli ölçüde artırılabilirliğini göstermektedir.

Bu çalışmada, toz metalürjisi yöntemiyle Al-Fe esaslı alaşımlar üretilmiş ve alaşım ilavelerinin ve sinterleme sıcaklığının mikroyapısal evrim ve sertlik üzerindeki incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Alaşımların üretimi

Alaşımların üretimi için toz metalürjisi yöntemi kullanılmıştır. Sırasıyla %99,8 ve %99,5 saflığa sahip Al ve Fe tozları belirlenen oranlarda karıştırılarak sertleştirilmiş soğuk takım çeliğinden imal edilen çelik kalıpta 2 cm çap ve yaklaşık 1 cm yüksekliğe sahip silindirik numuneler halinde preslenmiştir. Pres için manuel hidrolik pres kullanılmıştır ve numune ölçülerine göre 400 MPa'a denk gelen 12,5 ton yük uygulanmıştır. Preslenen numuneler önceden belirli sıcaklığa (610 ve 640 °C) ısıtılmış atmosfer kontrollü tüp fırına yerleştirilerek azot gazı altında sinterlenmiştir. Kullanılan azot gazının saflığı %99,99 olup 0,5 lit/dakika debi

ile fırına verilmiştir. Numuneler 60 dk süre ile belirlenen sıcaklıkta bekletildikten sonra fırında çıkarılarak havada soğumaya bırakılmıştır.

## 2.2. Numunelerin karakterizasyonu

Elde edilen sinterlenmiş numunelerin yüzeyi metalografik yöntemlerle hazırlanarak TESCAN MIRA marka mikroyapıları elektron mikroskop (SEM) kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca numunelerin Brinell sertliği INNOVATEST marka ve Nexus 610RS model cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

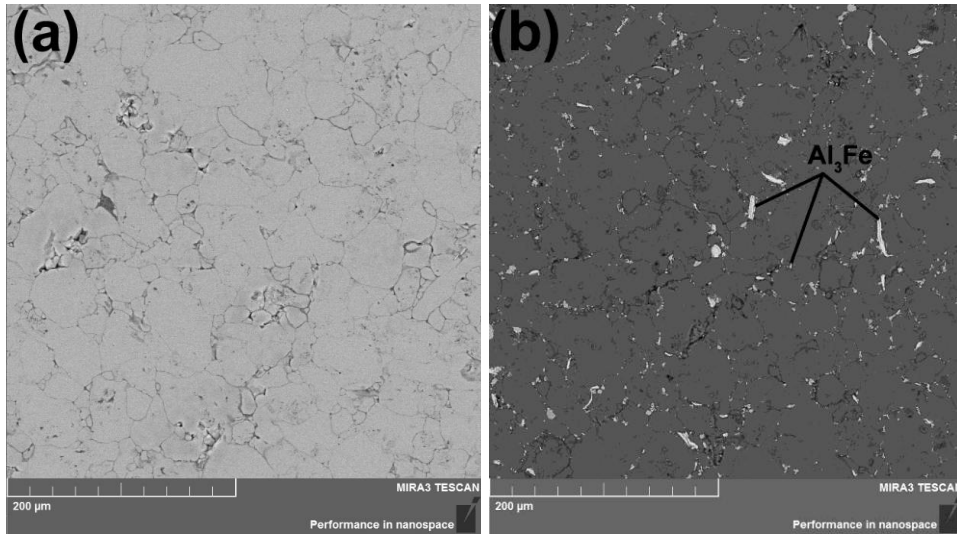
## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Numunelerin mikroyapı analizleri

Numunelerin SEM görüntüleri Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1-a’de saf alüminyumun mikroyapısı karşılaştırmak amacıyla göstermektedir. Şekil 1-b ise %5 Fe içeren alaşımın mikroyapısını göstermektedir. Koyu gri renk olan matris yapısı alüminyum ( $\alpha$ -Al) fazıdır. Görselde belirgin şekilde iğnemi veya çubuksu yapılarda fazlar gözlemlenmektedir. Bu yapıların keskin kenarlı ve uzun oluşu, mekanik özellikler açısından gevrek davranışlara neden olabilir. Bu fazlar çatlak ilerlemesini kolaylaştırır ve sünekliği azaltır. Bu yapılar, Al-Fe alaşımlarında sıkça rastlanan  $Al_3Fe$  intermetalik fazlara işaret etmektedir. Bu fazlar genellikle Fe zengin bölgelerde çöker ve düşük çözünürlüklerinden dolayı katı çözültiden ayrılırlar. Bu fazların rastgele yapılan EDS analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre bu fazlar yaklaşık 25-30 wt.% demir içermektedir. Bu demir oranı Al-Fe faz diyagramı ve literatürde (Goulart ve ark., 2010) rapor edilen  $Al_3Fe$  fazın oluştuğunu doğrulamaktadır

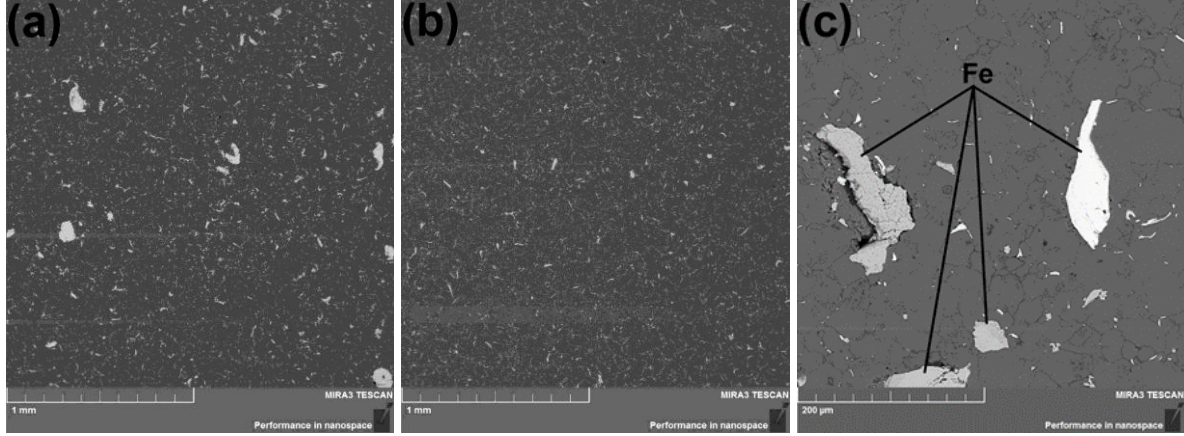
**Tablo 1.** İğnemi Al-Fe fazların EDS analiz sonuçları

Analiz No	Al (wt.%)	Fe (wt.%)
1	79	21
2	74	26
3	76	24
4	71	29
5	74	26



**Şekil 1.** a) saf alüminyum, b) Al-%5Fe alaşımın mikroyapısı

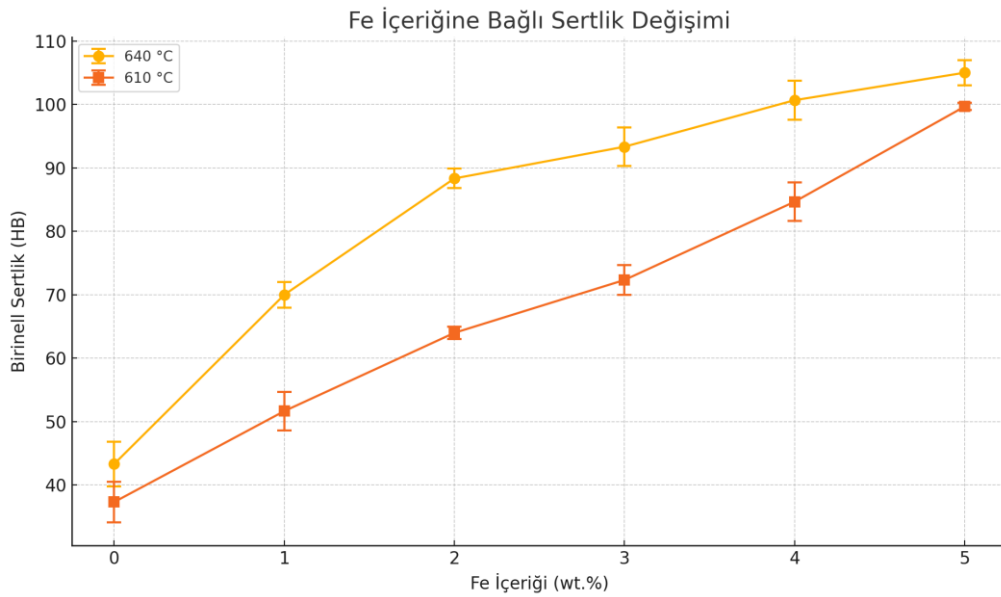
Şekil 2 farklı sıcaklıklarda sinterlenen Al-%5Fe alaşımların SEM görüntülerini göstermektedir. Şekil 2-a'ya göre, 610 °C'de sinterlenen numunelerde büyük demir tozları görülmektedir. Bu parçacıkların demir olduğu EDS analizleri ile doğrulanmıştır. Bu iri demir tozları sıcaklığın 640 °C'ye çıkmasıyla ortadan kaybolmuş ve Al<sub>3</sub>Fe intermetalik faz oluşumunun bu sıcaklıkta tamamlandığını ortaya koymuştur. Şekil 2-c'de ise 610 °C'de numunelerde tepkimeye girmemiş demir tozların daha yakından görünümünü göstermektedir.



Şekil 2. Al-%5Fe alaşımın SEM görüntüleri. a) 610 °C'de sinterlenmiş, b) 640 °C'de sinterlenmiş, c) 610 °C sinterlenmiş (yüksek büyütme)

### 3.2. Numunelerin sertlik sonuçları

Her iki sıcaklıkta da artan Fe içeriği ile birlikte sertlikte bir artış gözlemlenmektedir. Bu, Fe'nin Al matrisi içinde intermetalik fazlar (özellikle Al<sub>3</sub>Fe) oluşturduğunu ve bu fazların sertliği artırdığını göstermektedir. Ancak bu artış 610 °C'de daha sınırlı kalmakta, özellikle 3–5% Fe içeriğinde dahi 640 °C'ye göre sertlik belirgin ölçüde düşüktür.



Şekil 3. Farklı oranlarda demir içeren Al-Fe alaşımların Brinell sertlik değerleri

Sıcaklığın etkisine bakıldığında, 640 °C’de sinterlenen numuneler, her Fe içeriği oranında 610 °C’de sinterlenenlere kıyasla belirgin şekilde daha yüksek Brinell sertlik değerleri göstermektedir. Bu fark, 640 °C’nin daha etkin bir sinterleme sıcaklığı olduğunu ve hem matris (Al) tozlarının hem de alaşım elementlerinin (özellikle Fe) daha iyi difüzyonla bütünleştiğini düşündürmektedir. SEM analizlerine göre, 610 °C’de sinterleme sırasında Fe tozlarının bir kısmı Al ile reaksiyona girmemiş, iri parçacıklar olarak yapıda kalmıştır. Oluşmayan Al<sub>3</sub>Fe miktarı düşük olduğundan, bu intermetalik fazın sertleştirici etkisi yeterince hissedilmemiştir. Toz demirin matrisle iyi bağlanmaması, lokal zayıf noktalar oluşturmuş olabilir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Al-Fe alaşımlarının mikroyapı ve sertlik özellikleri demir içeriği ve sinterleme sıcaklığı parametreleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre:

- Fe içeriği arttıkça sertlik değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu artış, Al matrisi içinde oluşan Al<sub>3</sub>Fe intermetalik fazlarının sertleştirici etkisine bağlanabilir.
- Sinterleme sıcaklığının artışı, sadece sertliği değil, aynı zamanda mikroyapının homojenliğini de iyileştirmiştir. 640 °C’de sinterlenen numunelerde, Fe tozlarının daha etkin difüzyonla Al ile reaksiyona girerek intermetalik fazlara dönüştüğü görülmüştür.
- 610 °C’de sinterlenen numunelerde reaksiyona girmemiş iri Fe parçacıklarının kalması, yapısal zayıflıklara ve daha düşük sertlik değerlerine neden olmuştur.

Bu bulgular, Al-Fe alaşımlarının özelliklerinin hem alaşım kompozisyonunun hem de işlem sıcaklığının dikkatli kontrolüyle iyileştirilebileceğini göstermektedir. Özellikle toz metalurjisi gibi katı hal işlem yöntemlerinde, sinterleme sıcaklığı kritik bir parametre olarak öne çıkmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, Al-Fe alaşımlarına Ni, Si veya Zr gibi alaşım elementlerinin ilavesiyle mikroyapısal evrim ve intermetalik faz oluşumu üzerindeki etkiler araştırılabilir. Bu tür element katkılarının, özellikle sertlik, mekanik dayanım ve ısıl kararlılık gibi özellikler üzerinde iyileştirici etkiler sağlayabileceği öngörülmektedir.

#### Kaynaklar

- Bandriyana, B., Sujatno, A., Salam, R., Haerani, D.N., Sugeng, B., Shabrina, N., Sukaryo, S.G., 2023. Synthesis and microstructure characterization of Fe-Cr-Al alloys developed by powder metallurgy technique with plasma sintering method. *Journal of Physics: Conference Series*, 2556(1): 012023.
- Faria, J., de Paula, A., Silva, C., Kakitani, R., Barros, A., Garcia, A., Brito, C., Cheung, N., 2023. Fe-containing al-based alloys: relationship between microstructural evolution and hardness in an Al-Ni-Fe alloy. *Metals*, 13(12): 1980.
- Goulart, P.R., Spinelli, J.E., Bertelli, F., Osório, W.R.R., Cheung, N., Garcia, A., 2010. Cellular microstructure and mechanical properties of a directionally solidified Al-1.0wt%Fe Alloy. *Materials Science Forum*, 636–637.
- Gupta, R.K., Fabijanic, D., Zhang, R., Birbilis, N., 2015. Corrosion behaviour and hardness of in situ consolidated nanostructured Al and Al–Cr alloys produced via high-energy ball milling. *Corrosion Science*, 98: 643–650.
- Mi, G.F., Zhang, J.Z., Lv, S.L., Wang, P., 2011. The effect of aging heat treatment on the sliding wear behavior of Cu-Al-Fe-(x) alloys. *Advanced Materials Research*, 219–220.

- Nakano, H., Yamaguchi, H., Yamada, Y., Oue, S., Son, I.J., Horita, Z., Koga, H., 2013. Effects of high-pressure torsion on the pitting corrosion resistance of aluminum–iron alloys. *Materials Transactions*, 54(9): 1642-1649.
- Seikh, A., Baig, M., Ammar, H., Alam, M., 2016. The influence of transition metals addition on the corrosion resistance of nanocrystalline Al alloys produced by mechanical alloying. *Metals*, 6(6): 140.
- Shurkin, P.K., Belov, N.A., Musin, A.F., Aksenov, A.A., 2020. New high-strength casting aluminum alloy based on the Al–Zn–Mg–Ca–Fe system without requirement for heat treatment. *Tsvetnaya Metallurgiya*, 1: 48–58.
- Silva, A.P., Brito, P.P., Martins, N., 2022. Corrosion behavior of FeAl and Fe<sub>3</sub>Al based Fe–Al–C alloys in sulfuric acid. *Archives of Foundry Engineering*, 77–82.
- Zhou, Z., Du, J., Zhang, Y., Zhang, Y., Gu, S., 2014. The vacancy-hardening properties in water-quenched Fe–Al alloys. Proceedings of the 2015 International Conference on Material Science and Applications.



## EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16885334>

## Şarkikaraağaç (Isparta) Kömürlerinde Petrografik Verilerle Paleoortam Koşullarının Değerlendirilmesi

Neslihan ÜNAL KARTAL <sup>1</sup>, Orhan ÖZÇELİK <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Tapu Kadastro Bölümü, Burdur, Türkiye

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye  
Sorumlu Yazar Email: nunal@mehmetakif.edu.tr

### Makale Tarihi

Geliş: 28.07.2025

Kabul: 20.08.2025

### Anahtar Kelimeler

Paleoortam,  
Tersiyer Kömürleri,  
Petrografi,  
Maserel İndisleri

**Özet:** Bu çalışmada, Şarkikaraağaç kömür damarının maseral bileşimi ve çökme ortamı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuçlar, kömür örneklerinde en bol bulunan maseral grubunun %25 ile %75 arasında değişen oranlarda hüminit olduğunu göstermektedir. Bunu %1–36 arasında liptinit ve %4–15 arasında inertinit izlemektedir. Yüksek mineral madde içeriği ve bol miktarda framboidal pirit varlığı dikkat çeken özellikler arasındadır. Havza genelinde gözlemlenen göreceli olarak düşük ve homojen hüminit yansıma değerleri, tutarlı ve homojen bir kömürleşme sürecine işaret etmektedir. Maserel dağılımı ve üçlü diyagram değerlendirmelerine göre, kömürlerin ağırlıklı olarak sıg, alkali ve anoksik bataklık ortamlarında, özellikle limnik ile limnotelmatic karakterde oluştuğu sonucuna varılmıştır. Şarkikaraağaç kömürlerinin petrografik bileşimine göre, kömür damarları büyük ölçüde durgun su koşullarında oluşmuş olup, bitkisel katkıların çoğunlukla otsu bitkilerden sağlandığı ve odunsu bitkilerin katkısının sınırlı olduğu anlaşılmaktadır.

## Evaluation of Paleoenvironmental Conditions Using Petrographic Data in Şarkikaraağaç (Isparta) Coals

### Article Info

Received: 28.07.2025

Accepted: 20.08.2025

### Keywords

Paleoenvironment,  
Tertiary Coals,  
Petrography,  
Maceral Indices

**Abstract:** In this study, the maceral composition and depositional environment of the Şarkikaraağaç coal seam were examined in detail. The results show that huminite is the most abundant maceral group in the coal samples, ranging from 25% to 75%. This is followed by liptinite (1–36%) and inertinite (4–15%). Notably high mineral matter content and abundant frambooidal pyrite are among the features that stand out. The relatively low and uniform huminite reflectance values across the basin indicate a consistent and homogeneous coalification process. Based on the maceral distribution and ternary diagram evaluations, it is inferred that the coals predominantly formed in shallow, alkaline, and anoxic wetland environments, specifically of limnic to limnotelmatic character. According to the petrographic composition of the Şarkikaraağaç coals, the coal seams were formed mostly under stagnant water conditions, with the dominant plant input being herbaceous and limited contributions from woody plants.

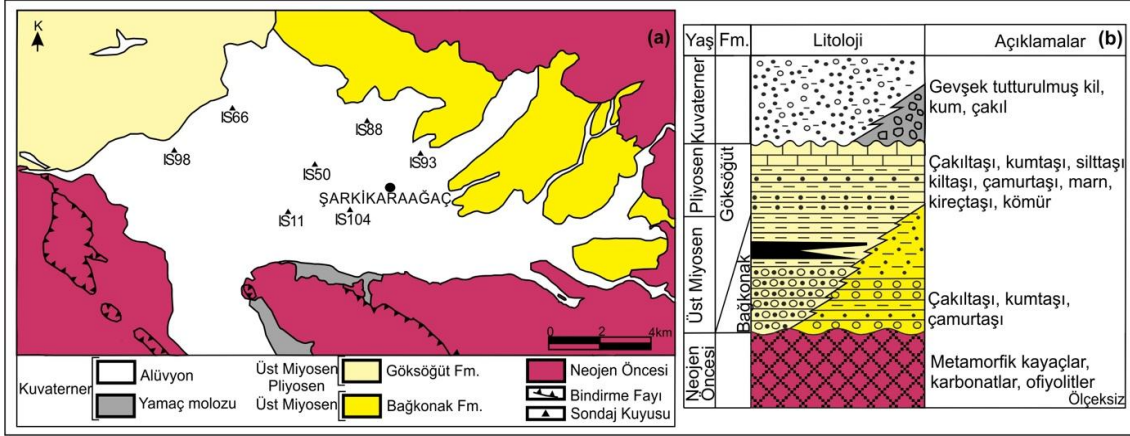
## 1. Giriş

Çalışma alanı, güneybatı Türkiye’de yer alan ve Kıbrıs ile Ege yaylarının birleşim noktasında bulunan Isparta Açısı çevresinde konumlanmaktadır. İlk olarak Blumenthal (1963) tarafından tanımlanan bu üçgen biçimli karmaşık yapı, yaklaşık 120 km uzunluğunda ters V şeklinde bir morfolojik kuşaktır (Dilek ve Rowland, 1993; Glover ve Robertson, 1998; Koçyiğit ve ark., 2012; Şahin ve ark., 2019). Isparta Açısı’nın tektonik evrimi üzerine birçok

çalışma yapılmış ve çeşitli modeller önerilmiştir (örn. Dilek ve Rowland, 1993; Yağmurlu ve ark., 1997; Flecker ve ark., 1998; Glover ve Robertson, 1998; Poisson ve ark., 2003; Robertson ve ark., 2003; Koçyiğit ve ark., 2012; Koç ve ark., 2014; Üner ve ark., 2015; Koçyiğit ve ark., 2024; Çiçek ve Koçyiğit, 2025). Isparta Açısı'nın kökeni Geç Kretase'ye dayanmakta olup, bölge Orta Miyosen sonuna kadar sıkışmalı tektonizmaya maruz kalmıştır (Glover ve Robertson, 1998; Robertson ve ark., 2003). Ardından bölge kademeli olarak genişlemeli ve doğrultu atımlı faylanma rejimine geçmiştir (Glover ve Robertson, 1998; Poisson ve ark., 2003; Üner ve ark., 2015). Bu dönemde Isparta Açısı çevresinde Neojen-Kuvaterner yaşlı havzalar oluşmuştur (Yağmurlu, 1991a; 1991b; Flecker ve ark., 1998; Koç ve ark., 2014; Wasoo ve ark., 2020; Gürbüz, 2021). Çalışma alanının da içinde yer aldığı bu çöküntü havzası, Neojen'de başlayan aşınma ve taşınma süreçleri sonucunda Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal tortullar ve alüvyonlarla doldurulmuş olup, bu tortullar içerisinde yer alan Neojen yaşlı birimler kömürleşme açısından önem taşımaktadır.

Çalışma alanı ve çevresinde bugüne kadar çeşitli araştırmacılar tarafından jeoloji, stratigrafi, tektonik, sedimantoloji, mineral kaynaklar ve hidrojeoloji gibi farklı disiplinlerde çalışmalar yapılmıştır. Brunn ve ark. (1971) ve Haude (1972), Batı ve Orta Toroslar'ın yapısal ilişkilerini irdelemiş, bölgedeki temel ve örtü birimleri ile nap sistemlerini ortaya koymuşlardır. Demirkol (1977, 1981), bölgenin stratigrafisini detaylı biçimde inceleyerek birimleri otokton ve allokton olarak sınıflandırmıştır. Yağmurlu (1991a; 1991b), Yalvaç-Yarıkkaya Havzası'nın stratigrafisini, depolanma ortamlarını ve tektono-sedimenter evrimini ayrıntılı şekilde değerlendirmiş; bu havzanın tipik bir dağ arası havza niteliği taşıdığını ve Neojen yaşlı istiflerde linyitli seviyelerin bulunduğunu ortaya koymuştur. Ayhan ve Karadağ (1985) ile Cengiz ve Kuşcu (1993), bölgedeki boksit ve barit gibi maden yataklarının kökenlerini araştırmış, Elitok (2000), Şarkikaraağaç ve çevresinin jeoloji, mineraloji ve petrografisini irdelemiş, Elmas ve Suner (2006) ise Dinek çevresindeki barit oluşumlarının sedimenter karakterini vurgulamıştır. Örmeci (2005), hidrojeolojik özellikler açısından Şarkikaraağaç Havzası'nı değerlendirmiş; Tuncer ve ark. (2017) ve Tuncer ve ark. (2023), bölgedeki linyitlerin çökeldiği ortam koşullarını kömür petrolojisi ve mikropaleontoloji yöntemleriyle incelemiştir. Bu çalışmada kömür petrografisi ayrıntılı olarak irdelenecek; böylece söz konusu kömürlerin organik bileşimi ve çökeldiği ortam koşulları daha net bir şekilde ortaya konularak değerlendirilecektir.

Çalışma alanı, kuzey ve doğuda Sultandağları, güney ve batıda ise Anamasdağları ile sınırlanmıştır. Temel kayalar Sultandağları'nda metamorfik kayalar ve karbonatlar, Anamasdağları'nda Beydağları kireçtaşı ve Beyşehir-Hoyran napının ofiyolitlerinden oluşur (Boray ve ark., 1985). Neojen öncesi temel kayaları üzerleyen ve Demirkol (1977) tarafından tanımlanan Bağkonak Formasyonu, köşeli-yarı köşeli çakılları, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Zayıf ya da güçlü karbonat çimento içerebilir. Üst kısımlarda ince kireçtaşı ve kömür mercekleri görülür ve Göksöğüt Formasyonu ile yanal geçişlidir (Şekil 1). Paleontolojik bulgu bulunmasa da stratigrafik konumuna göre Üst Miyosen yaşlıdır (Demirkol, 1977; 1981). Akarsu (Demirkol, 1977) ya da göl kenarı alüvyal fan ortamlarında çökeldiği düşünülmektedir (Yağmurlu, 1991a; Topak, 2006). Kumtaşı, kiltası, silttaşı, marn ve kireçtaşından oluşan Göksöğüt Formasyonu (Demirkol, 1977) linyit seviyeleri içermektedir. Yaşı Üst Miyosen (Yağmurlu, 1991a) ve Pliyosen (Demirkol, 1977) olarak değerlendirilmiştir. Tatlı su gölü ya da taşkın ovası ortamlarında çökeldiği düşünülmektedir. Neojen istifi içerisinde yer alan ve çalışmanın ana konusunu oluşturan kömürler, ince, orta ve yer yer kalın tabakalanmalar şeklinde izlenmektedir. Kömür katmanlarının sayısı lokal değişimler göstermektedir. Bu katmanlar genellikle yatay ya da hafif eğimli, kahverengi-siyah renkte ve yumuşak-orta sertliktedir.



**Şekil 1.** Çalışma alanı ve çevresine ait; a) Genelleştirilmiş jeoloji haritası (Cengiz ve Kuşcu, 1993; Elitok, 2000; Örmeci, 2005; Kanbur, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır), b) Genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Elitok, 2000 ve Kanbur, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır)

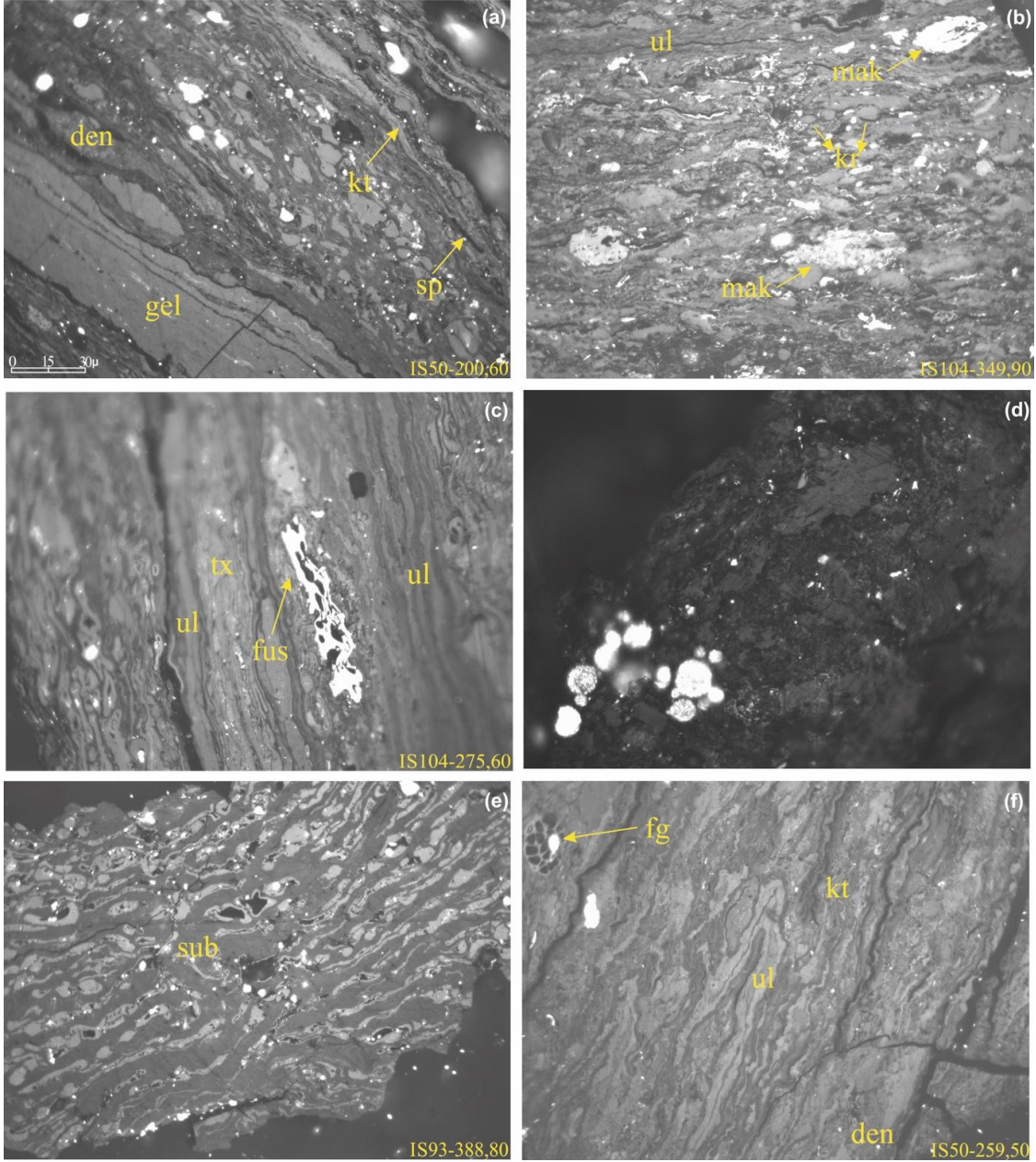
Çalışma alanı ve çevresinde, Kuvaterner öncesine ait kaya birimlerinin aşınması sonucu oluşmuş, kötü boylanmalı ve gevşek tutturulmuş sedimanlar yaygın olarak gözlenmektedir. Bu birimler, kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutunda malzemelerden oluşan heterojen bir yapı sergilemektedir. Alüvyal örtü, bölgedeki birimleri açısız uyumsuzlukla örterek geniş bir yayılım gösterirken, yamaç molozu özellikle güney kesimlerde Kızıldağ ofiyolitlerinin yakın zonlarında yoğunlaşmıştır. Bu molozlar, ofiyolit karmaşıklardan türeyen köşeli çakıl ve bloklardan oluşmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Havzayı temsil edecek şekilde seçilmiş toplam 7 adet sondaj kuyusundan, farklı derinliklerden toplam 31 adet karot numunesi alınmıştır. Bu sondaj kuyularının konumları Şekil 1'de sunulmuştur. Organik petrografik analizler, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Kömür örneklerinin hazırlanmasında, Stach ve ark. (1982) ile ASTM (1983) tarafından belirlenmiş kömür petrografisi standartları esas alınmıştır. Analiz öncesinde örnekler kurutularak 1 mm'den ince tane boyutuna öğütülmüş ve polyester reçine ile silindirik kalıplarda konsolide edilmiştir. Sertleşen numuneler, aşamalı olarak ince taneli parlatma tozları ve sıvılar kullanılarak yüzeyleri optik incelemeye uygun hale getirilmiştir. Maseral analizleri, üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta 32x büyütme yağ immersiyon objektifi ( $n=1,518$ ) ile yapılmış olup, her örnekte en az 500 nokta sayımı gerçekleştirilerek kantitatif değerlendirme sağlanmıştır. Yansıma ölçümleri için %0,548 yansıma değerine sahip safir standardı kullanılmış ve GEOR yazılımı yardımıyla her örnekte minimum 100 ölçüm alınmıştır. Bu yöntemle numunelerin ortalama rastgele hüminit yansıma değerleri ( $R_r$ ) hesaplanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

İncelenen örneklerde baskın maseral grubunu, %25 - %75 aralığında değişen oranlarla hüminitler oluşturmaktadır (Tablo 1). Liptinitlerin oranı %1 - %36 arasında değişirken, inertinitler ise %4 - %15 oranlarında tespit edilmiştir. Tüm örneklerde mineral madde içeriği yüksek olup %13 - %49 arasında değişmektedir. Pirit içeriği tüm örneklerde %3'ün üzerindedir ve büyük çoğunlukla framboidal yapıda gözlenmiştir (Şekil 2d). Hüminit grubu maserallerin dağılımı havzanın merkezinden kenarlarına doğru azalma göstermektedir. Detaylı maseral analizi, çoğu numunede jelinitin (%13 - %32 ve ardından densinit (%5 - %24) ve ulminitin (%2 - %26) baskın olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 2a-f). Bu grubun diğer maseralleri arasında korpohüminit (%1 - %7), tekstinit (%0 - %3) ve atrinit (%0 - %3) bulunur.



Şekil 2. Şarkıkaraağaç kömürlerine ait seçilmiş mikrofotografılar (den: densinit, kt: kütinit, sp: sporinit, gel: jelinit, ul: ülminit, mak: makrinit, kr: korporhüminit; tx: tekstinit, fus: füzinit, sub: süberinit, fg: funginit)

**Tablo 1.** Şarkikaraağaç kömür örneklerine ait maseral içerikleri (tüm bazda, hacimsel %) ve hüminit yansıma değerleri (%)

Örnek No	Derinlik	Tx	Ul	Den	At	Gel	Kr	H	Kt	Sub	Sp	Rz	L	Fz	Mk	Fg	Id	İ	Pir	MM	Rr
IS11-1	280,80	-	7	20	3	32	1	<b>63</b>	1	-	2	-	<b>3</b>	1	2	-	2	<b>5</b>	5	<b>29</b>	0,36
IS11-2	281,80	-	12	22	-	26	2	<b>62</b>	1	-	1	-	<b>2</b>	1	2	-	2	<b>5</b>	4	<b>31</b>	0,36
IS50-1	200,60	-	10	24	-	22	2	<b>58</b>	1	-	2	-	<b>3</b>	3	4	-	4	<b>11</b>	4	<b>28</b>	0,36
IS50-2	259,50	2	18	18	-	29	1	<b>68</b>	3	-	2	-	<b>5</b>	1	2	1	2	<b>6</b>	4	<b>21</b>	0,33
IS50-3	262,30	2	17	24	-	31	1	<b>75</b>	3	-	2	-	<b>5</b>	-	3	1	2	<b>6</b>	5	<b>14</b>	0,36
IS50-4	266,50	-	17	12	-	30	1	<b>60</b>	2	-	1	-	<b>3</b>	-	1	2	1	<b>4</b>	7	<b>33</b>	0,35
IS50-5	280,20	-	13	10	-	32	2	<b>57</b>	3	-	2	-	<b>5</b>	1	2	3	3	<b>9</b>	4	<b>29</b>	0,36
IS50-6	283,10	-	15	18	1	24	1	<b>59</b>	2	-	1	-	<b>3</b>	1	2	1	2	<b>6</b>	4	<b>32</b>	0,34
IS66-1	136,00	-	17	10	-	26	1	<b>54</b>	1	-	1	-	<b>2</b>	-	2	2	2	<b>6</b>	4	<b>38</b>	0,36
IS66-2	140,30	-	17	14	-	20	1	<b>52</b>	3	-	1	-	<b>4</b>	2	-	-	3	<b>5</b>	4	<b>39</b>	0,35
IS66-3	155,40	-	10	16	-	24	1	<b>51</b>	1	-	1	-	<b>2</b>	-	1	1	2	<b>4</b>	4	<b>43</b>	0,35
IS88-1	160,00	-	8	20	2	14	1	<b>45</b>	-	-	1	-	<b>1</b>	2	1	-	2	<b>5</b>	5	<b>49</b>	0,33
IS93-1	365,50	-	10	23	-	29	1	<b>63</b>	1	-	1	-	<b>2</b>	1	-	1	2	<b>4</b>	5	<b>31</b>	0,35
IS93-2	367,00	1	18	20	-	22	2	<b>63</b>	-	1	2	-	<b>3</b>	1	2	1	3	<b>7</b>	4	<b>27</b>	0,33
IS93-3	369,90	2	26	16	-	24	1	<b>69</b>	1	-	1	1	<b>3</b>	2	2	1	3	<b>8</b>	5	<b>20</b>	0,37
IS93-4	372,30	1	14	17	-	28	2	<b>62</b>	1	-	1	-	<b>2</b>	-	2	1	1	<b>4</b>	4	<b>32</b>	0,37
IS93-5	374,40	-	21	12	-	23	1	<b>57</b>	1	-	2	-	<b>3</b>	2	-	1	2	<b>5</b>	4	<b>35</b>	0,34
IS93-6	387,00	-	17	15	-	20	3	<b>55</b>	1	10	1	2	<b>14</b>	1	3	-	1	<b>5</b>	4	<b>26</b>	0,35
IS93-7	388,80	-	9	12	-	16	7	<b>44</b>	1	28	2	-	<b>31</b>	1	-	-	3	<b>4</b>	3	<b>21</b>	0,36
IS93-8	391,30	-	18	16	-	24	3	<b>61</b>	1	7	2	-	<b>10</b>	2	1	-	1	<b>4</b>	4	<b>24</b>	0,36
IS98-1	71,70	-	15	16	-	24	2	<b>57</b>	1	12	1	-	<b>14</b>	1	1	-	2	<b>4</b>	4	<b>25</b>	0,33
IS98-2	73,20	-	15	16	2	30	1	<b>64</b>	2	-	2	-	<b>4</b>	1	1	1	2	<b>5</b>	4	<b>27</b>	0,33
IS98-3	75,40	-	2	5	-	13	5	<b>25</b>	1	34	1	-	<b>36</b>	1	1	-	2	<b>4</b>	6	<b>35</b>	0,34
IS98-4	84,45	1	5	10	-	24	2	<b>42</b>	1	4	2	-	<b>7</b>	2	2	1	-	<b>5</b>	5	<b>46</b>	0,34
IS104-1	275,60	3	16	12	2	19	7	<b>59</b>	2	12	2	-	<b>16</b>	1	2	2	1	<b>6</b>	4	<b>19</b>	0,35
IS104-2	277,00	2	14	19	1	27	1	<b>64</b>	2	3	2	-	<b>7</b>	2	2	1	2	<b>7</b>	3	<b>22</b>	0,33
IS104-3	278,40	1	21	18	2	27	2	<b>71</b>	3	-	2	1	<b>6</b>	3	3	1	3	<b>10</b>	3	<b>13</b>	0,35
IS104-4	346,60	-	24	17	3	26	2	<b>72</b>	2	2	1	-	<b>5</b>	2	3	1	1	<b>7</b>	4	<b>16</b>	0,34
IS104-5	349,90	-	18	22	-	21	2	<b>63</b>	3	1	2	-	<b>6</b>	4	4	3	4	<b>15</b>	4	<b>16</b>	0,35
IS104-6	369,95	-	18	22	2	22	5	<b>69</b>	1	5	1	-	<b>7</b>	2	-	1	2	<b>5</b>	4	<b>19</b>	0,35
IS104-7	371,00	-	14	23	2	28	2	<b>69</b>	2	-	1	-	<b>3</b>	1	2	2	2	<b>7</b>	4	<b>21</b>	0,34

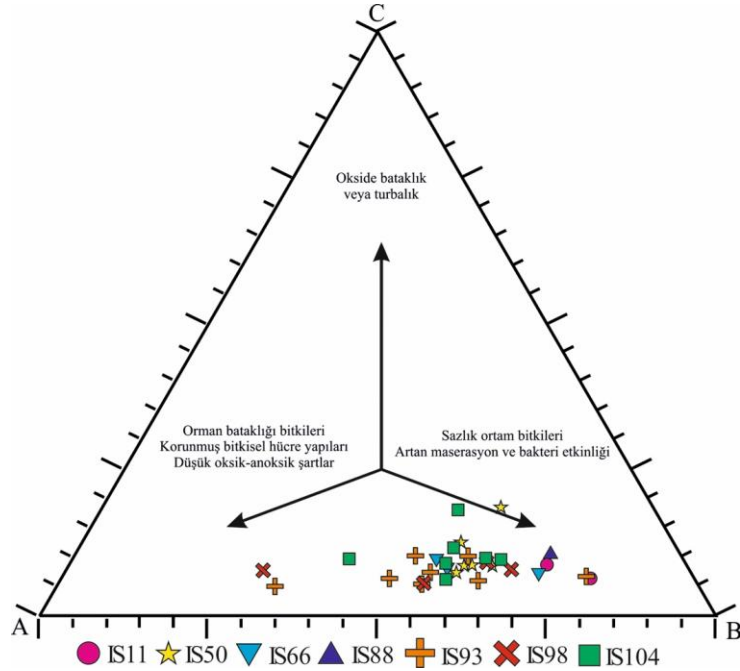
Tx-tekstinit, Ul-Ülminit, Den-Densinit, At-Atrinit, Gel-Jelinit; Kr-Korpohüminit, H-Toplam hüminit, Kt-Kütinit, Sub-Suberinit, Sp-Sporinit, Rz-Rezinit, L-Toplam liptinit, Fz-Füzinit, Mk-Makrinit, fg-Funginit; Id-Inertodetrinit, İ-Toplam inertinit, Pir-Pirit, MM-Toplam mineral madde, R-Ortalama rastgele hüminit yansıması.

Liptinit grubunun maseralleri arasında süberinit (%0 - %34), kütinit (%0 - %3), sporinit (%1 - %2) ve rezinit (%0 - %2) bulunur. Suberinit (Şekil 2e) havza kenarındaki kuyulardan alınan örneklerde en yüksek değerler sergilerken, havza ortasındaki kömürlerde tespit edilememiştir. Rezinit ise sadece havzanın batısındaki birkaç örnekte belirlenmiştir. İntertinit maseralleri füzinit (%0 - %4), makrinit (%0 - %4), inertodetrinit (%0 - %4) ve funginit (%0 -



%3) ile temsil edilir. İnertinit grubu maserallerinde havzanın doğusuna doğru artış gözlenmektedir.

Kömürdeki maserallerin türleri ve oranları, bataklık ortamında biriken organik maddelerin özellikleri ile turbalaşma sürecine etki eden çevresel koşullar (bitki örtüsü, iklim, su seviyesi, pH, bakteri faaliyetleri vb.) hakkında bilgi verir (Dai ve ark., 2020). Ayrıca, bitkisel materyalin turba oluşumundan önce veya sonra uğradığı taşınma, parçalanma ve oksidasyon gibi süreçler de maserallerin bileşimine yansır (Taylor ve ark., 1998; Teichmüller ve ark., 1998). Şarkikaraağaç kömürlerinin Mukhopadhyay (1989) diyagramındaki konumları irdelendiğinde tüm örneklerin diyagramın alt kesimlerinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 3). Bu durum anoksik koşulları işaret eder. Kömür örneklerin üçgenin A ve B köşeleri arasında, B'ye daha yakın konumda bulunması jelinit baskınlığını vurgularken, oluşum ortamının sıg, alkali ve sürekli su altı koşullarında olduğunu gösterir. Örneklerdeki framboidal pirit bolluğu da bu durumu desteklemektedir (Şekil 2d). Diyagrama göre bitki kompozisyonunda sazlık ortam bitkileri baskınken, odunsu bitki katkısı daha azdır. Bu da ortamın çoğunlukla durgun sularla kaplı, sınırlı ağaç gelişimine sahip bir alan olduğunu işaret eder (Mukhopadhyay, 1989; Taplor ve ark., 1998).



Şekil 3. Mukhopadhyay (1989)'un üçgen diyagramında Şarkikaraağaç kömürlerinin konumu

Hüminit yansıma değerleri (0,33-0,37) tüm havzada benzer olup, düşük dereceli kömürleşmeyi işaret etmektedir. Ancak, havzanın doğusundaki IS93 kuyusu ve güneydoğusundaki IS104 kuyusunda daha derin örnekler alınmasına rağmen yansıma değerleri benzerdir. Bu durum, havza genelinde termal olgunluğun homojen dağıldığını göstermekle birlikte, doğu kesimlerde gözlenen artmış inertinit içeriği farklı paleoortam koşullarının varlığına işaret etmektedir. Bu kesimde, derin gömülmeye rağmen hüminit yansıma değerlerinin artmaması, bu bölgedeki su seviyesi dalgalanmaları veya periyodik kuruma dönemlerinin organik maddenin kısmi oksidasyonuna yol açtığını düşündürmektedir. Bu koşullar, inertinit oluşumunu artırmış olabilir. Ayrıca, bölgedeki olası tektonik aktivite veya yangın olayları da inertinit artışına katkıda bulunmuş olabilir. Sonuç olarak, doğu kesimdeki yüksek inertinit içeriği, daha ileri kömürleşme derecesi beklentisine rağmen hüminit yansıma

değerlerinin artmamasıyla birlikte değerlendirildiğinde, bu bölgenin geçmişte daha oksik ve dinamik paleoortam koşullarına maruz kaldığını göstermektedir.

Farklı araştırmacılar, çökelim ortamlarını yorumlamak amacıyla çeşitli petrografik indeksler geliştirmiştir (Diessel, 1986; 1992; Kalkreuth ve ark., 1991; Petersen, 1993; Mavridou ve ark., 2003). Bu indeksler, su seviyesi, oksidasyon durumu, pH, jelleşme düzeyi, organik maddenin kökeni, biyokütle miktarı, bitkisel katkı ve çökelim ortamı hakkında bilgi vermek amacıyla kullanılmaktadır. Bu parametrelere dayanarak çeşitli diyagramlar geliştirilmiş olup, bunlar arasında en yaygın kullanılanı Diessel (1986) tarafından oluşturulan doku koruma indeksi (TPI) - jelleşme indeksi (GI) diyagramıdır. Diessel (1986), Avusturya'daki Permiyen kömürlerine yönelik petrografik çalışmalarından elde ettiği verilerle bu indeksleri tanımlamış ve formüle etmiştir. TPI, kömürleşme sürecinde bitkisel dokuların korunma derecesini, yani korunmuş dokuların bozulmuşlara oranını yansıtırken; GI, jelleşmiş maserallerin oranına dayanarak turba birikimi ve su tablası değişimleri hakkında bilgi verir. Diessel'in formülleri Kalkreuth ve ark. (1991) ve Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından Tersiyer yaşlı kömürler için uyarlanmıştır. Bu çalışmada da TPI ve GI değerlerinin hesaplanmasında Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından modifiye edilen formüller kullanılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 2'de verilmiş olup, yorumlamalar Diessel (1992) tarafından oluşturulan diyagram yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4). Calder ve ark. (1991), Pensilvanya yaşlı Kanada kömürlerini temel alarak, paleoortamdaki yer altı su seviyesi, turbayı oluşturan bitki toplulukları, maserallerin korunumu ile mineral madde taşınımı gibi süreçleri değerlendirebilmek amacıyla yeraltı suyu etkisi indeksi (GWI) ve vejetasyon indeksi (VI) parametrelerini geliştirmiştir. GWI, ortamda yer altı suyunun etkisini; VI ise odunsu bitkilerin, su kenarındaki otsu bitkilere göre görece baskınlığını yansıtmaktadır. Bu çalışmada GWI ve VI hesaplamaları için Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından revize edilen formüller kullanılmış, yorumlamalar Calder ve ark. (1991) tarafından oluşturulan diyagram yardımıyla yapılmıştır (Şekil 5).

GI-TPI ve GWI-VI diyagramlarına göre Şarkikaraağaç kömürleri çoğunlukla limnik-limnotelmatic bataklık zonlarında oluşmuştur. GI değerlerinin 4,20-15,75 aralığında değişmesi, kömürlerin su altı ortamında oksitlenmeden biriktiğini göstermektedir. Öte yandan GI değerlerinin farklı seviyelerdeki değişimi, su seviyesindeki dalgalanmalara işaret etmektedir (Ünal-Kartal ve Karadirek, 2024). Havza kenarlarında orta kesimlere göre daha yüksek GI değerleri ve jelinit içeriği gözlenmiştir. Bu durum, havza kenarlarında daha yoğun jelleşme olduğunu ve ortamın limnikten limno-telmatiğe geçiş yaptığını işaret etmektedir.

TPI değerleri 0,16-0,79 arasında değişmekte olup seviyeler arasında çok belirgin bir değişim göstermemektedir. Bu değerler havza genelinde otsu bitkilerin hâkim olduğunu göstermektedir. Özellikle havza ortasındaki IS50 kuyusunda düşük TPI değerleri bu bölgede bitki dokularının korunumunun zayıf olduğunu veya düşük çökeltme oranı olduğunu düşündürmektedir. Jelinit maseralinin fazlalığı ve fromboidal kükürt varlığı, organik maddenin alkali koşullarda bozunduğunu desteklemektedir.

**Tablo 2.** Şarkikaraağaç kömürlerine ait fasiyes diyagram parametreleri

Örnek No	GI	TPI	GWI	VI
IS11-1	7,50	0,16	8,20	0,39
IS11-2	12,40	0,30	6,75	0,58
IS50-1	5,27	0,30	7,60	0,52
IS50-2	8,25	0,45	3,45	1,04
IS50-3	9,13	0,35	3,68	0,77
IS50-4	15,00	0,42	4,47	1,25
IS50-5	6,33	0,36	5,62	1,06
IS50-6	8,29	0,38	4,69	0,79
IS66-1	9,00	0,47	4,41	1,36
IS66-2	10,40	0,54	4,35	1,10
IS66-3	12,75	0,26	8,40	0,60
IS88-1	6,14	0,29	8,40	0,44
IS93-1	15,75	0,22	8,40	0,48
IS93-2	7,75	0,49	3,74	0,92
IS93-3	6,70	0,72	2,18	1,57
IS93-4	12,20	0,37	5,27	0,85
IS93-5	11,40	0,65	3,38	1,53
IS93-6	11,00	0,58	3,76	1,78
IS93-7	11,00	0,55	6,22	2,28
IS93-8	15,25	0,56	3,72	1,50
IS98-1	14,25	0,43	4,47	1,50
IS98-2	8,86	0,34	4,35	0,83
IS98-3	6,25	0,40	29,00	4,33
IS98-4	6,83	0,29	13,67	1,15
IS104-1	4,91	0,79	2,71	1,89
IS104-2	6,10	0,39	4,06	0,96
IS104-3	5,23	0,54	2,50	1,11
IS104-4	6,90	0,60	2,26	1,29
IS104-5	4,20	0,51	3,39	0,90
IS104-6	9,57	0,52	3,40	0,96
IS104-7	7,44	0,31	4,63	0,60

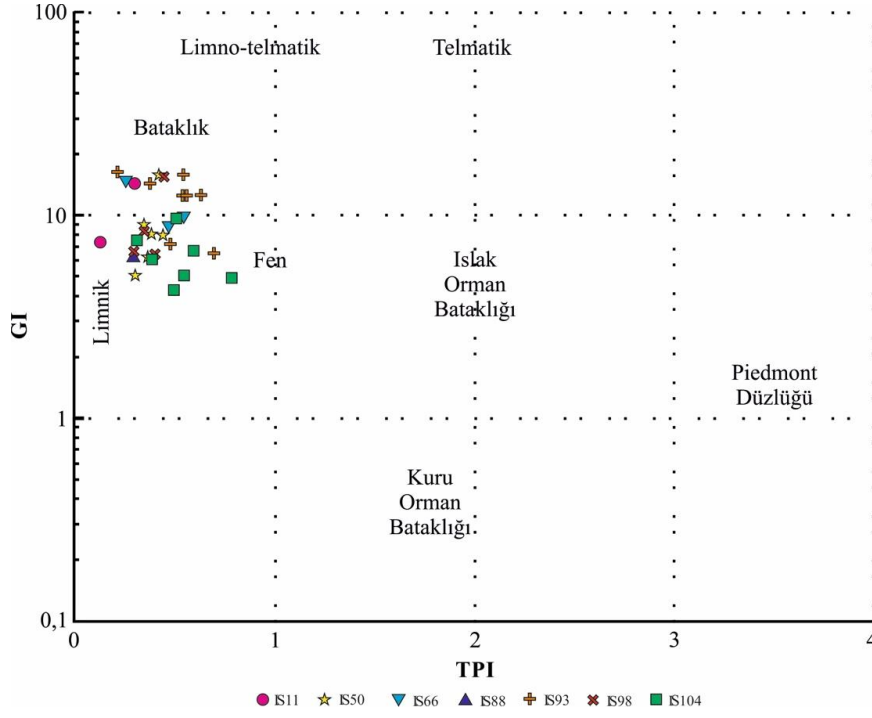
TPI=(Tekstinit+Ülminit+Korpohüminit+Füzinit)/(Atrinit+Densinit+Jelinit+İnertodetrinit),

GI=(Ülminit+Jelinit+Korpohüminit+Densinit)+(Tekstinit+Atrinit+İnertinit),  
Madde)/(Tekstinit+Ülminit+Atrinit),

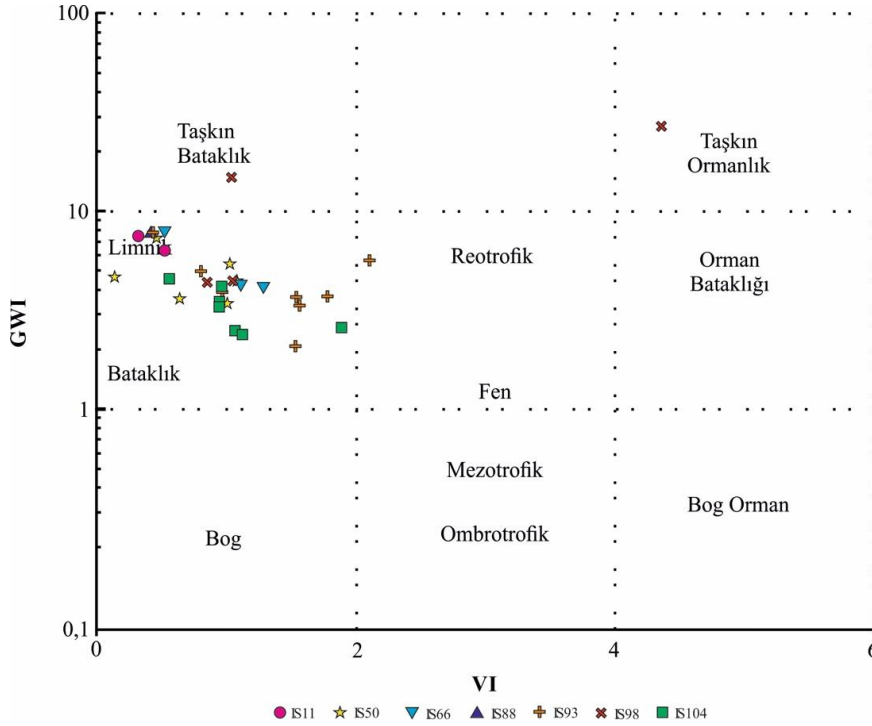
GWI=(Jelinit+Korpohüminit+Densinit+Mineral

VI=(Tekstinit+Ülminit+Füzinit+Semifüzinit+Kütinit+Sporinit+Süberinit+Rezinit)/(Atrinit+ Densinit+İnertodetrinit+Diğer liptinitler)

GWI değerleri 2,18-29,00 arasında değişirken havzanın güneybatısında belirgin artış göstermiştir. VI değerleri ise 0,39-4,33 aralığında olup, havza ortasında düşüş eğilimindedir. Bu dağılım, havza kenarlarında organik madde birikiminin yanı sıra mineral madde girişinin de yoğun olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Şarkikaraağaç kömürlerinin GI-TPI diyagramındaki konumu (Diessel (1992)'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 5. Şarkikaraağaç kömürlerinin GWI-VI diyagramındaki konumu (Calder ve ark. (1991)'den değiştirilerek alınmıştır)

#### 4. Sonuçlar

Şarkikaraağaç havzasına ait kömürlerin petrografik verileri, kömürlerin çoğunlukla limnik-limnotelmatik ortam koşullarında oluştuğunu ortaya koymaktadır. Maseral analizleri, jelinit zenginliği ve yüksek mineral madde içeriği ile karakterize birikim ortamlarını göstermektedir. Elde edilen bulgular, kömürlerin alkali ve anoksik bataklık ortamlarında oluştuğunu ve havza genelinde homojen bir kömürleşme süreci geçirdiğini göstermektedir. Hüminit yansıma değerlerinin düşük ve benzer düzeyde olması da, havza genelinde termal olgunluğun homojen dağıldığını gösterir. Bununla birlikte, havzanın doğu kesimlerinde gözlenen artmış inertinit içeriği, bu bölgede periyodik olarak oksik koşulların hâkim olduğunu ve muhtemelen tektonik aktivitenin etkili olduğunu düşündürmektedir. Havza kenarlarında tespit edilen yüksek jelinit içeriği ve GI değerleri, bu kesimlerde jelleşme sürecinin daha yoğun yaşandığını ortaya koymaktadır. Tüm bu bulgular ışığında, çalışma alanının geçmişte farklı mikro-ortam koşullarına sahip bir sulak alan sistemi olduğu anlaşılmaktadır. Şarkikaraağaç kömürlerinin petrografik özellikleri, damarların ağırlıklı olarak durgun su ortamlarında oluştuğunu ve organik girdinin büyük ölçüde otsu bitkilerden, daha az oranda ise odunsu bitkilerden kaynaklandığını göstermektedir.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Finansman

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2016-1624 nolu proje ile desteklenmiştir.

#### Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

#### Kaynaklar

ASTM (American Society For Testing And Materials), 1983. Annual book of ASTM standards, Gaseous Fuels; Coal and Coke (D- 388, D-2798- 79, D-3172-73, D-2799-72, D-3174-82, D-3175-82): 1916 Race Street, Philadelphia, PA.

Ayhan, A., Karadağ, M., 1985. Şarkikaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu. *TJK Bülteni*, 28: 137-146.

Blumenthal, M., 1963. Le systeme structural du Taurus sud-anatolien, in Livre a'memoire du Professeur P. Fallot. *Memoire de la Societe Geologique de France*, 2: 611-662.

Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö., 1985. Isparta bölümlerinin kuzey kesiminde doğu - batı daralma için bazı veriler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 9-20.

Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A., 1971. Outline of the Geology of the Western Taurids. In: Campbell A.S. (Ed.), *Geology and History of Turkey*. Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, pp. 225-255.

- Calder, J., Gibling, M., Mukhopadhyay, P., 1991. Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland Basin, Nova Scotia, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 162(2): 283-298.
- Cengiz, O., Kuşcu, M., 1993. Çarıksaraylar (Şarkikaraağaç-Isparta) kuzeyinin jeolojisi ve kurşunlu barit yatakları. *TJK Bülteni*, 1(36): 63-64.
- Çiçek, A., Koçyiğit, A., 2025. Episodic evolution and active tectonics of the Karamık Graben in the apex of Isparta Angle, SW Türkiye. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1-4.
- Dai, S., Bechtel, A., Eble, C., Flores, R., French, D., Graham, I., Hood, M., Hower, J., Korasidis, V., Moore, T., Püttmann, W., Wei, Q., Zhao, L., O'Keefe, J., 2020. Recognition of peat depositional environments in coal: A review. *International Journal of Coal Geology*, 219: 103383.
- Demirkol, C., 1977. Yalvaç-Akşehir dolayının jeolojisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Demirkol, C., 1981. Sultandağı kuzeybatısının jeolojisi ve Beyşehir-Hoyran Napı ile ilişkisi. TÜBİTAK projesi, No: TBAK-382, 56s.
- Diessel, C.F.K., 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. *Proceeding of 20th Symposium of Department of Geology*, University Newcastle, NSW, pp. 19- 22.
- Diessel, C.F.K., 1992. Coal-Bearing Depositional Systems. Springer Verlag, Berlin.
- Dilek, Y., Rowland, J., 1993. Evolution of a conjugate passive margin pair in Mesozoic southern Turkey. *Tectonics*, 12: 954-970.
- Elitok, Ö., 2000. Şarkikaraağaç (Isparta) ve çevresinin jeoloji, mineroloji ve petrografisi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Elmas, N., Suner, F., 2006. Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) ve çevresindeki barit cevherleşmeleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 5(3): 267-277.
- Flecker, R., Ellam, R., Muller, C., Poisson, A., Robertson, A., Turner, J., 1998. Application of Sr isotope stratigraphy and sedimentary analysis to the origin and evolution of the Neogene basins in the Isparta Angle, southern Turkey. *Tectonophysics*, 298: 83-101.
- Glover, C., Robertson, A., 1998. Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. *Tectonophysics*, 298: 103-132.
- Gürbüz, A., Kazancı, N., Hakyemez, H., Leroy, S., Roberts, N., Saraç, G., Ergun, Z., Boyraz-Arslan, S., Gürbüz, E., Koç, K., Yedek, Ö., Yücel, T., 2021. Geological evolution of a tectonic and climatic transition zone: the Beyşehir-Suğla basin, lake district of Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 110: 1077 - 1107.
- Haude, H., 1972. Stratigraphie und tectonic des Sudlichen Sultandağ (SW Anatolien). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 123: 411-421.
- Kalaitzidis, S., Bouzinos, A., Papazisimou, S., Christanis, K., 2004. A short-term establishment of forest fen habitat during Pliocene lignite formation in the Ptolemais Basin, NW Macedonia, Greece. *International Journal of Coal Geology*, 57(3-4): 243-263.



- Kalkreuth, W.D., Kotis, T., Papanicolaou, C., Kokkinakis, P., 1991. The geology and coal petrology of a Miocene lignite profile at the Meliadi Mine, Katerini, Greece. *International Journal of Coal Geology*, 17: 51-67.
- Koç, A., Kaymakçı, N., Hinsbergen, D., Vissers, R., 2014. A Miocene onset of the modern extensional regime in the Isparta Angle: constraints from the Yalvaç Basin (southwest Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, 105: 369-398.
- Koçyiğit, A., Gürboğa, Ş., Kalafat, D., 2012. Nature and onset age of neotectonic regime in the northern core of Isparta Angle, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 25: 52 - 85.
- Koçyiğit, A., Doğan, U., Gürboğa, Ş., Kalafat, D., 2024. Quaternary tensional neotectonics of the southwestern flank of the Isparta Angle, Antalya, Türkiye. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 6(4): 589-613.
- Mavridou, E., Antoniadis, P., Khanaqa, P., Riegel, W., Gentzsis, T., 2003. Paleoenvironmental interpretation of the Amynteon-Ptolemaida lignite deposit in northern Greece based on its petrographic composition. *International Journal of Coal Geology*, 56: 253-268.
- Mukhopadhyay, P., 1989. Organic petrology and organic geochemistry of Texas Tertiary coals in relation to depositional environment and hydrocarbon generation. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Report of Investigations, No:188, Texas.
- Örmeci, S., 2005. Şarkikaraağaç Havzası'nın (Isparta) hidrojeoloji incelemesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Petersen, H.I., 1993. Petrographical facies analysis of Lower and Middle Jurassic coal seams on the island of Bornholm, Denmark. *International Journal of Coal Geology*, 22: 189-216.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M., 2003. New insights on the tectonic setting and evolution around the apex of the Isparta Angle (SW Turkey). *Geological Journal*, 38(3-4): 257-282.
- Robertson, A., Poisson, A., Akinci, Ö., 2003. Developments in research concerning Mesozoic–Tertiary Tethys and neotectonics in the Isparta Angle, SW Turkey. *Geological Journal*, 38(3-4): 195-234.
- Stach, E., Mackowsky, M.T.H., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmüller, R., 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Şahin, Ş., Abubakar, I., Özçelik, M., Abdelwahed, M., Oksum, E., 2019. Neotectonic structures imaged by seismic velocity along the Isparta Angle. *Arabian Journal of Geosciences*, 12: 1-20.
- Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Teichmüller, M., Taylor, G.H., Littke, R., 1998. The Nature of Organic Matter - Macerals and Associated Minerals. In: Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P. (Eds.), Organic petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Topak, Y., 2006. Yukarıtirtar-Aşağıtirtar Köyleri (Isparta Kuzeydoğusu) arasında gözlenen manyezit yatağının oluşumu ve kökeni. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tuncer, A., Karayiğit, A., Oskaya, R.G., Bulut, Y., Tunoğlu, C., 2017. Şarkikaraağaç sahasında kömür içeren istifin kömür petrolojisi ve mikropaleontolojisiyle ilgili ön sonuçlar, Isparta (GB Anadolu). 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 10-14 Nisan, Ankara, s. 268.

- Tuncer, A., Karayigit, A.I., Oskay, R.G., Tunoğlu, C., Kayseri-Özer, M.S., Gümüş, B.A., Akbulut, A., 2023. A multi-proxy record of palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions during Plio-Pleistocene peat accumulation in the eastern flank of the Isparta Angle: A case study from the Şarkikaraağaç coalfield (Isparta, SW Central Anatolia). *International Journal of Coal Geology*, 265: 104149.
- Ünal-Kartal, N., Karadirek, S., 2024. Paleoenvironmental reconstruction and hydrocarbon potential of the westphalian-a kozlu formation hard coal in the zonguldak basin: insights from organic geochemistry and petrology. *Minerals*, 14(10): 971.
- Üner, S., Özsayın, E., Kutluay, A., Dirik, K., 2015. Polyphase tectonic evolution of the Aksu Basin, Isparta Angle (Southern Turkey). *Geologica Carpathica*, 66: 157-169.
- Wasoo, M., Özkaptan, M., Koç, A., 2020. New insights on the neogene tectonic evolution of the aksu basin (SE Turkey) from the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) and paleostress data. *Journal of Structural Geology*, 139: 104137.
- Yağmurlu, F., 1991a. Yalvaç - Yarikkaya Neojen Havzasının stratigrafisi ve depolama ortamları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 34: 9-19.
- Yağmurlu, F., 1991b. Yalvaç- Yarikkaya Neojen Havzasının tektono-sedimanter özellikleri ve yapısal evrimi. *MTA Dergisi*, 112: 1-12.
- Yağmurlu, F., Savaslcin, Y., Ergün, M., 1997. Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of the Isparta angle, Sw Turkey. *The Journal of Geology*, 105: 717 - 728.

**Effect of Smoke Solution Doses on the Germination Performance of Radish Seeds Under Salt Stress****Burak AKTAŞ** <sup>1</sup>, **Gökçe AYDÖNER ÇOBAN** <sup>\*2</sup><sup>1</sup> Kayseri Provincial Directorate of Youth and Sports, Erciyes Camp Training Center, Kayseri, Türkiye<sup>2</sup> Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Yozgat, TürkiyeCorresponding Author Email: [gokce.aydoner@yobu.edu.tr](mailto:gokce.aydoner@yobu.edu.tr)**Article Info**

Received: 05.08.2025

Accepted: 31.08.2025

**Keywords***Raphanus sativus* L.,  
Salinity,  
Smoke Solution**Abstract:** This study aimed to evaluate the effects of different smoke solution doses (0%, 0.1%, 0.5%, and 1%) derived from hazelnut husk on the germination performance and oxidative stress response of two radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars under salinity stress (150 mM NaCl). Morphological parameters (root and shoot length, fresh weight, germination percentage, and vigor index) and malondialdehyde (MDA) levels were assessed. The results showed that salt stress markedly increased MDA content, indicating enhanced oxidative damage in both cultivars. However, low smoke solution doses, particularly in the 2nd trial 0.1%, alleviated oxidative stress and improved germination traits in Ateş, while the 0.5% dose promoted root growth and vigor in Akkaya. The findings indicated that salinity stress increased MDA content, reflecting oxidative damage, and negatively affected germination in radish, with cultivar-specific responses. Moreover, smoke solution treatments exhibited dose- and cultivar-dependent effects, some of which may enhance germination performance, while others may induce inhibitory responses in certain physiological parameters.**1. Introduction**

Radish (*Raphanus sativus* L.) is a root vegetable belonging to the *Brassicaceae* (*Cruciferae*) family, consumed fresh and rich in nutrients. A good source of nutrients such as vitamin C, folic acid, and potassium, radish also contains B vitamins, magnesium, and calcium (Zohary and Hopf, 2000; Wang and He, 2005). Cultivation of red varieties is particularly widespread in our country, and according to Anonymous (2025) data, approximately 180,000 tons of radishes were produced in Türkiye in 2024. Considering both the nutritional value and production potential of radishes, agricultural research on this species is of significant importance.

With global climate change, abiotic stress factors that negatively affect agricultural production are increasing. Among these stress factors, salinity is one of the major problems (Kılıç et al., 2023), causing yield losses by limiting water and nutrient uptake by plants during both germination and early developmental stages (Çavuşoğlu and Kabar, 2007; Ghosh et al., 2014). Studies aimed at reducing the negative effects of salt stress on germination have reported the effectiveness of various growth regulators, particularly the use of phytohormones such as gibberellic acid and cytokinin (Kabar, 1987; Khan and Ungar, 2001). However, the economic and environmental sustainability of these practices is a matter of debate.

Currently, plant-based smoke treatments are emerging as an eco-friendly and natural alternative. In 1990, it was initially found that smoke was more efficacious than heat in promoting seed germination (De Lange and Boucher, 1990). Research on species like *Bruniaceae*, *Themeda*, and *Audouinia* has established that smoke solutions alleviate seed dormancy and enhance germination (Baxter et al., 1994; Brown and Van Staden, 1997). Karrikins, chemicals present in smoke solutions, stimulate germination by enhancing the seed's responsiveness to light, water, and phytohormones (Flematti et al., 2004; van Staden et al., 2004). These chemicals are often volatile molecules produced by the regulated burning of organic carbon compounds, including lignin and cellulose (Harti et al., 2020). These contents may vary depending on the type of plant burned, the collection time, and the texture of the material. It has been determined that water-soluble volatile compounds, produced by the slow combustion of dry or fresh plant material, promote seed germination in many species by breaking dormancy in various ways. The active substances are reported to form primarily at temperatures between 160–200°C and to evaporate at higher temperatures. When dissolved in water, these compounds not only promote germination but also enhance root formation, seedling growth, and flowering (Brown and Van Staden, 1997).

The type of plant material utilized is crucial for making smoke solutions for use in agriculture. Large quantities of hazelnut husks are generated annually as a result of intensive hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivation in Turkey's Black Sea Region. When incinerated, these wastes pollute the ecosystem and cause considerable nutrient losses (Özenç, 2004). However, a sustainable strategy that integrates waste management with the encouragement of plant development may be provided by the controlled burning of these wastes to create smoke solutions. In this regard, smoke solutions present opportunities from an agricultural and environmental standpoint. Although the effects of smoke solutions on germination and seedling development in many plant species have been investigated in the literature, there are limited studies on the effects of these solutions on radish seeds under salt stress conditions. In this context, the aim of this study was to determine the effects of different doses of smoke solutions obtained from controlled burning of hazelnut husk on the germination performance of radish seeds exposed to salt stress.

## 2. Material and Methods

This study was carried out in the laboratory of the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Yozgat Bozok University. Two different radish (*Raphanus sativus*) varieties (Ateş, Akkaya) belonging to Küçük Çiftlik seed farming were used as plant material. To obtain the smoke solution, hazelnut husk waste was burned using a specially developed setup. During the process, 1 kg of hazelnut husk was subjected to combustion, and the resulting smoke was absorbed into 4 liters of distilled water, as described by Basaran et al. (2019).

An *in vitro* salt stress experiment was conducted on radish seeds in two independent trials, each with four replicates consisting of 25 seeds per replicate. A total of 1,600 seeds were used in the experiment, with 800 seeds allocated to each variety, including both control and salt treatments. Radish seeds were soaked in 5 mL of smoke solution at different concentrations for 24 hours in petri dishes. Four concentrations of smoke solution were used: 0% (control), 0.1%, 0.5%, and 1%. Salt stress was induced using a 150 mM NaCl solution, as described by Ulukapı et al. (2020). Germination tests were conducted on 40 × 40 cm blotting papers in accordance with ISTA guidelines (ISTA, 1993). Blotting papers used in the control group were moistened with distilled water, while those in the salt treatment group were saturated with a 150 mM NaCl solution, ensuring uniform moisture without any dry areas. Twenty-five seeds were placed on each blotting paper, which was then folded in half, carefully wrapped, and rolled to maintain seed contact and moisture during the germination

period. The rolls were placed upright in plastic containers with their open ends facing upward. A small amount of solution was added to the bottom of each container to maintain moisture and prevent desiccation. The containers were tightly sealed, placed in an incubator, and maintained in darkness at 20 °C for 14 days. On the 14th day, the filter paper rolls were carefully removed from the incubator, unrolled, and subjected to measurements and MDA (malondialdehyde) analysis.

### 2.1. Measurements and analyses

- Root and Shoot Length (cm): At the end of the experiment, the lengths of the radicle (root) and hypocotyl (shoot) were measured in centimeters using a ruler.
- Fresh Weight (mg): The fresh weight of the germinated seedlings was determined using a precision balance with an accuracy of 0.0001 g.
- Germination Percentage (%): The number of germinated seeds was counted, and germination percentage was calculated based on the total number of seeds.
- Vigor Index: The vigor index was calculated using the formula:  $(\text{Root length} + \text{Shoot length}) \times \text{Germination percentage}$  (Hu et al., 2005; Aydöner Çoban et al., 2020).

Malondialdehyde (MDA) content was determined following the method described by (Rao and Sresty, 2000). A total of 0.5 grams of fresh tissue was placed in glass tubes and homogenized in 5 mL of 0.1% trichloroacetic acid (TCA). The homogenates were centrifuged at 6000 rpm for 5 minutes, and 1 mL of the supernatant was transferred to new glass tubes. Subsequently, 4 mL of 20% TCA containing 0.5% thiobarbituric acid (TBA) was added to each tube. The mixture was incubated in a water bath at 95 °C for 30 minutes, then rapidly cooled in an ice bath.

Absorbance of the samples was measured at 450, 532, and 600 nm using a spectrophotometer. MDA content ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  FW) was calculated using the following formula:

$$\text{MDA} = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$$

### 2.2. Statistical analysis of data

Statistical analyses were performed using the SPSS 20.0 software package. Differences between the control and salt treatment groups were evaluated by analysis of variance (ANOVA). Duncan's multiple range test was applied to determine significant differences among group means.

## 3. Results and Discussion

In the study, some morphological measurements were made on the Akkaya and Ateş varieties, and malondialdehyde (MDA) content, an indicator of damage, was determined.

Statistical evaluation of the results obtained from the first and second trials of the Akkaya variety is presented in Table 1. Across both trials conducted on the radish cultivar 'Akkaya', smoke solution treatments showed varying effects on seedling morphological traits under control and salt stress conditions. Under control conditions, shoot length was the only parameter that showed a significant response to the treatments in the first trial ( $p < 0.01$ ), while no significant differences were detected in the second trial. Despite the lack of statistical significance, the 0.1% and 1% smoke doses frequently resulted in numerically higher shoot lengths and vigor indices, indicating a potential stimulatory effect on aboveground growth.

Under salt stress, root length was significantly affected in both trials ( $p < 0.05$ ). In general, moderate doses of smoke solution—particularly 0.5% and 1% led to better root development and improved vigor compared to the control and higher doses. For instance, the 0.5% dose yielded the highest root length in the second trial, while the 1% dose performed relatively well in both trials for vigor and fresh weight. Conversely, the 3% dose often led to reduced root length and vigor under salt stress, suggesting possible inhibitory effects at higher concentrations.

These findings collectively suggest that smoke solution exhibits a dose-dependent and condition-specific influence on radish seedling development, with moderate concentrations providing the most favorable outcomes, especially under saline conditions.

It has been shown that smoke solutions derived from burning plant materials have an impact on seed germination and early seedling development in some agronomic crops (Özbek et al., 2021; Doğrusöz et al., 2022).

**Table 1.** Effects of smoke solution doses on morphological characteristics in radish seedlings (cv. Akkaya) under control and salt stress conditions.

1. Trial Akkaya	Control					Salt Stress				
	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)
0%	12.257	14.495a	78.67	2106.30	262.30	14.904 a	8.300	71.33	1660.33	209.70
0.1%	11.050	11.481b	80.00	1813.60	259.30	10.240 b	7.176	69.33	1184.13	203.00
0.5%	12.760	13.029a	82.67	2159.40	217.70	12.844 ab	8.052	81.33	1699.60	204.70
1%	11.690	13.668a	94.67	2405.40	246.70	12.009 b	8.108	66.67	1341.60	210.30
	ns	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
2. Trial Akkaya	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)
0%	11.620	11.954	89.33	2103.20	214.33	8.867 ab	5.545	61.33	873.27	196.67
0.1%	11.579	13.834	89.33	2261.73	255.33	9.683 a	6.771	78.67	1296.78	191.00
0.5%	11.508	11.302	88.00	2038.99	224.67	10.008 a	5.623	70.67	1108.79	190.00
1%	12.125	12.450	88.00	2158.67	208.00	7.153 b	6.088	62.67	833.79	201.00
	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Average	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)
0%	11.938	13.225	84.00	2112.21	238.33	11.885 a	6.922	66.33	1249.66	203.00
0.1%	11.314	12.658	84.67	2034.52	257.33	9.962 b	6.974	74.00	1247.04	197.00
0.5%	12.135	12.165	85.33	2092.18	221.33	11.426 a	6.838	76.00	1391.44	197.30
1%	11.906	13.059	91.33	2281.08	227.33	9.580 b	7.098	64.67	1077.21	205.30
	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

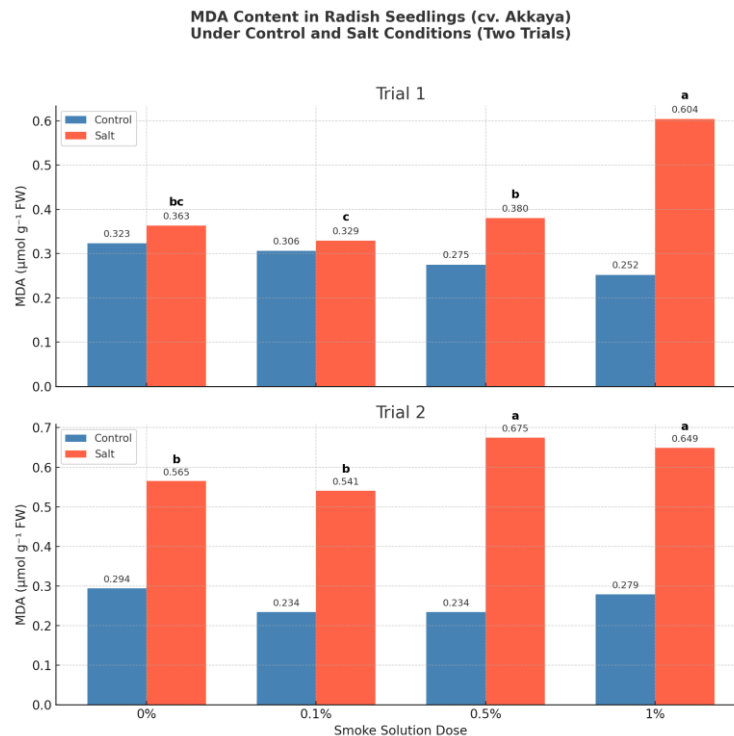
Different letters next to the means indicate statistically significant differences according to Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). ns: non-significant; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ .

Malondialdehyde (MDA) content, as an indicator of membrane lipid peroxidation, was analyzed to evaluate the effects of smoke solution treatments on oxidative stress. In both trials conducted on the 'Akkaya' cultivar, no statistically significant differences were observed



among smoke solution doses under control conditions ( $p>0.05$ ), indicating that the smoke treatments did not affect MDA accumulation in the absence of salt stress (Figure 1).

In contrast, under salt stress, significant differences in MDA content were recorded among the different smoke doses in both trials ( $p<0.001$  in the first trial and  $p<0.05$  in the second trial). In both cases, 0.5% and 1% smoke solution doses resulted in a significant increase in MDA levels, suggesting that higher concentrations of smoke may intensify membrane lipid peroxidation under salt stress conditions. Notably, the lowest MDA accumulation was observed at the 0.1% dose, indicating that a low concentration of smoke solution may exert a protective effect by reducing salt-induced oxidative damage. These findings suggest that the smoke solution modulates the oxidative stress response in a dose-dependent manner and may provide protective effects at lower doses under salt stress conditions.



**Figure 1.** MDA content ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  FW) in radish seedlings (cv. Akkaya) treated with different smoke solution doses (0%, 0.1%, 0.5%, and 1%) under control and salt stress conditions across two independent trials. Bars represent mean values from each trial. Different letters above bars within the salt treatment indicate statistically significant differences among doses according to Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

In the radish cultivar 'Ateş', the effects of smoke solution treatments on seedling morphological traits varied depending on the applied concentration and salt stress condition (Table 2). In the first trial, although no statistically significant differences were observed ( $p > 0.05$ ), the 0.1% smoke solution dose resulted in the highest shoot length (12.482 cm), vigor index (1862.51), and fresh weight under control conditions. However, under salt stress, a notable reduction in germination and vigor was observed at the 1% dose, suggesting a potential inhibitory effect at higher concentrations. In the second trial, smoke solution treatments significantly affected almost all morphological parameters. Under control conditions, the 0% dose produced the highest values for root length (10.888 cm), shoot length (11.923 cm), germination (82.67%), and vigor index (1883.63), indicating no clear benefit from smoke exposure. However, under salt stress, the 1% dose yielded the highest germination (77.33%) and vigor index (1155.07), suggesting that higher smoke

concentrations may offer some protective or stimulating effects under saline conditions. When averaged across both trials, statistically significant differences were found in germination percentage, vigor index, and seedling fresh weight ( $p < 0.01$ ), especially under control conditions. The 0.1% dose consistently showed the highest germination and vigor in non-stressed environments, while moderate doses (0.5% and 1%) were more effective under salt stress. These findings indicate that the response of the 'Ateş' cultivar to smoke treatments is both dose- and condition-dependent, with 0.1% being optimal under normal conditions and 0.5-1% offering moderate benefits under salinity stress. These findings are consistent with earlier studies suggesting that the stimulatory effects of smoke-derived compounds are dependent on dosage (Kamran et al., 2017; Özbek et al., 2021; Doğrusöz et al., 2021). Brown et al. (1993) investigated the effect of smoke produced by burning *Passerina vulgaris* plant material from the fynbos vegetation on seed germination. Among the 32 species tested, germination was promoted by smoke treatment in 25 species, while no significant difference was observed between the smoke-treated and control groups in 3 species. In the remaining 3 species, no germination occurred under either condition.

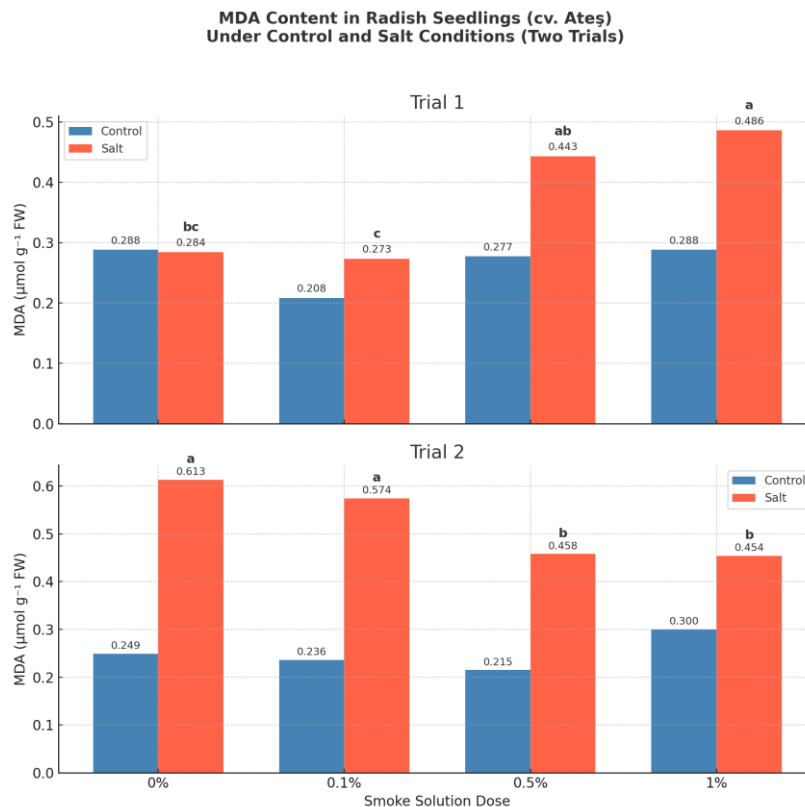
**Table 2.** Effects of smoke solution doses on morphological characteristics in radish seedlings (cv. Ateş) under control and salt stress conditions.

Control						Salt Stress				
1. Trial Ateş	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)
0%	10.209	10.328	72.00	1476.67	209.00	10.103	6.715	60.00	1016.80	232.67
0.1%	10.725	12.482	80.00	1862.51	242.33	11.118	8.649	73.00	1432.33	232.67
0.5%	10.706	12.133	70.67	1623.76	218.00	9.747	7.652	68.00	1186.53	208.33
1%	11.217	12.447	76.00	1804.40	233.67	8.024	8.260	50.67	830.32	224.00
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2. Trial Ateş	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)
0%	10.888a	11.923a	82.67a	1883.63a	240.33a	8.079a	5.963 a	53.33 bc	768.93b	210.67
0.1%	9.251 a	10.843a	82.67a	1661.20a	182.33 b	2.896b	3.772 b	34.67 c	217.47c	122.00
0.5%	6.495 b	7.258 b	37.33b	538.80 b	169.33 b	7.358a	5.203ab	64.00a b	802.40b	186.67
1%	7.068 b	9.097ab	52.00b	843.07 b	181.33 b	8.656a	6.308 a	77.33 a	1155.07a	174.00
	**	*	***	***	*	***	*	**	**	ns
Average	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Germ. %	Vigor	Single Seedling Fresh Weight (mg)
0%	10.548	11.126	77.33a b	1668.88ab	224.67	9.091	6.339	56.67	885.30	221.67a
0.1%	9.988	11.663	81.33a	1761.90a	212.00	7.007	6.210	54.00	713.73	177.00c
0.5%	8.600	9.695	54.00c	1004.14c	193.67	8.552	6.427	66.00	988.77	197.00bc
1%	9.143	10.772	64.00b c	1282.57bc	207.67	8.340	7.284	64.00	998.24	199.00b
	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**

Different letters next to the means indicate statistically significant differences according to Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). ns: non-significant; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ .

Malondialdehyde (MDA) content was also evaluated in the 'Ateş' radish cultivar to assess membrane lipid peroxidation under different smoke solution doses and salt stress

conditions. Under control conditions, no statistically significant differences in MDA content were observed among the smoke solution treatments in either trial ( $p > 0.05$ ), indicating that smoke alone did not induce oxidative stress (Figure 2). However, under salt stress, significant differences were detected in both trials ( $p < 0.05$  and  $p < 0.001$ , respectively). In the first trial, the 3% dose resulted in the highest MDA level ( $0.486 \mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$ ), significantly different from the 0.1% dose ( $0.273 \mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$ ). Similarly, in the second trial, the 0.1% and 0.0% doses caused significantly higher MDA accumulation ( $0.574$  and  $0.613 \mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$ , respectively) compared to 0.5% and 1% doses. This suggests that lower MDA levels were associated with moderate doses of smoke solution (particularly 0.5% and 1%), whereas both untreated and highly treated groups showed elevated oxidative stress. These results support the idea that smoke solution exerts a dose-dependent hormetic effect on oxidative damage, where moderate doses may mitigate stress-induced lipid peroxidation, while very low or high doses fail to provide protection or may even intensify stress under salt conditions. According to the study conducted by Gosh et al. (2014), which investigated the effects of salinity on germination, growth, and yield parameters of radish plants, the impact of salt stress varied depending on the cultivar. Similarly, in the present study, it was observed that the effects of salt stress also differed between cultivars. Munir et al. (2013) examined changes in physiological and biochemical parameters of two different radish cultivars under saline conditions and reported that salt stress significantly reduced shoot fresh and dry weights, with the most pronounced effects observed at a salt concentration of 120 mM.



**Figure 2.** MDA content ( $\mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$ ) in radish seedlings (cv. Ateş) treated with different smoke solution doses (0%, 0.1%, 0.5%, and 1%) under control and salt stress conditions in two independent trials. Bars represent mean values. Different letters above salt treatment bars indicate statistically significant differences among smoke doses according to Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$  or  $p < 0.001$ ).

Overall, the two radish cultivars exhibited cultivar-specific responses to smoke solution treatments under both control and salt stress conditions. Akkaya showed improved root

growth at moderate smoke doses (0.1–0.5%) under salinity, whereas Ateş responded better to 0.1% smoke dose under non-stressed conditions. These differences highlight the importance of considering cultivar-specific responses when applying smoke solutions to mitigate stress effects.

#### 4. Conclusion

In conclusion, the findings of this study revealed that salinity stress adversely affected both germination and malondialdehyde (MDA) content in radish plants, with the severity of these effects differing among cultivars. The application of smoke solution derived from hazelnut husk exhibited both positive and negative effects depending on the dose and cultivar. Certain concentrations promoted germination and mitigated oxidative stress. In particular, in the second trial, the low smoke solution dose of 0.1% alleviated oxidative stress and improved germination characteristics in Ateş, while the 0.5% dose promoted root growth and vitality in Akkaya. These results suggest that hazelnut husk-derived smoke solutions may offer a promising approach to enhancing salt tolerance in sensitive crops. However, the dose- and cultivar-dependent nature of the responses highlights the need for further research to optimize application concentrations and evaluate long-term effects under varying environmental conditions.

#### Declaration of Author Contributions

Burak Aktaş was involved in the establishment and execution of the experiment, conducting the analyses, and entering the data. Gökçe Aydöner Çoban contributed to the design and execution of the experiment, performed the analyses, carried out the statistical evaluation of the data, and was responsible for writing the manuscript.

#### Declaration of Conflicts of Interest

The authors state that there are no conflicts of interest associated with this research.

#### Funding

This research was funded by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) under the 2209-A Research Project Support Program for University Students (Project No: 1919B012107833).

#### Acknowledgement

The authors would like to thank TÜBİTAK for supporting this study through the 2209-A Research Project Support Program for University Students (Project No: 1919B012107833).

#### References

- Anonymous, 2025. Turkish Statistical Enstitute. (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535>), (Access Date: 03.07.2025).
- Aydöner Çoban, G., Altunlu, H., Gül, A., 2020. Effectiveness of in vitro and in vivo tests for screening of tomato genotypes against drought stress. *The Journal of Agricultural Faculty of Ege University*, (Special Issue): 143-150.
- Basaran, U., Dogrusoz, M., Gulumser, E., Mut, H., 2019. Using smoke solutions in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to improve germination and seedling growth and to reduce toxic compound ODAP. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43: 518–526.
- Baxter, B.J.M., van Staden, J., Granger, J.E., Brown, N.A.C., 1994. Plant-derived smoke and smoke extracts stimulate seed germination of the fire-climax grass *Themeda triandra* Forssk. *Environmental and Experimental Botany*, 34 (2): 217-223.

- Brown, N.A.C., 1993. Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytologist*, 123: 575–583.
- Brown, N.A.C., van Staden, J., 1997. Smoke as a germination cue: a review, *Plant Growth Regulation*, 22(2): 115-124.
- Çavuşoğlu, K., Kabar, K., 2007. Turp tohumlarının tuzlu koşullar altındaki çimlenme ve fide büyümesine bazı bitki büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının etkileri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14: 27-36.
- De Lange, J.H., Boucher, C., 1990. Autecological studies on *Audouinia capitata* (*Bruniaceae*). I.Plant-derived smoke as a seed germination cue. *South African Journal of Botany*, 56: 700-703.
- Doğrusöz, M.Ç., Başaran, U., Gülümser, E., 2022. Farklı priming uygulamalarında macar fiğinin (*Vicia pannonica* Crantz.) çimlenme özellikleri ve fide gelişimi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3): 437-447.
- Doğrusöz, M.Ç., Başaran, U., Gülümser, E., Mut, H., 2021. The effect of plant-derived smoke solutions in hydroponic grass pea production. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2): 227-233.
- Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L., Dixon, K.W., Trengove, R.D., 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 305: 977.
- Gosh, P., Dash, P.K., Rituraj, S., Mannan, M.A., 2014. Effect of salinity on germination, growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) varieties. *International Journal of Biosciences*, 5(1): 37- 48.
- Harti, S., Indriati, A., Dyah, S., 2020. Utilization of liquid smoke from cocoa pod husk (*Theobroma cocoa* L) for germination of red seed (*Capsicum annum* L). *Asian Journal of Applied Sciences*, 8(1).
- Hu, J., Zhu, Z. Y., Song, W. J., Wang, J.C., Hu, W.M., 2005. Effects of sand priming on germination and field performance in direct-sown rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33(1), :243-248.
- ISTA, 1993. International rules for seed testing. Rules for Seed Science and Technology.
- Kabar, K., 1987. Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination. *Journal of Plant Physiology*, 128: 179-183.
- Kamran, M., Khan, A.L., Ali, L., Hussain, J., Waqas, M., Al-Harrasi, A., ..., Lee, I.J., 2017. Hydroquinone; a novel bioactive compound from plant-derived smoke can cue seed germination of lettuce. *Frontiers in Chemistry*, 5: 30.
- Khan, M.A., Ungar, I.A., 2001. Alleviation of salinity stress and the response to temperature in two seed morphs of *Halopyrum mucronatum* (*Poaceae*). *Australian Journal of Botany*, 49: 617-619.
- Kılıç, M., Arslan, E., Aras, S., Eşitken, A., 2023. Silicon increased sodium transporter gene expressions in Apple under short-and long-term salt stress. *Erwerbs-Obstbau*, 65(3): 419-422.
- Munir, S., Siddiqi, E.H., Bhatti, K.H., Nawaz, K., Hussain, K., Rashid, R., Hussain, I., 2013. Assessment of inter-cultivar variations for salinity tolerance in winter radish (L.) Using photosynthetic attributes as effective selection criteria. *World Applied Sciences Journal*, 21(3): 384-388.

- Özbek, A., Başaran, U., Doğrusöz, M.Ç., 2021. Germination and seedling growth of some turfgrass species exposed to smoke solutions. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3): 114-122.
- Özenç, N., 2004. Fındık zurufu ve diğer organik materyallerin fındık tarımı yapılan toprakların özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkileri. Doktora tezi, Ankara üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Ankara.
- Rao, K.M., Sresty, T.V.S., 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. *Plant science*, 157(1): 113-128.
- Ulukapı, K., Nasırcılar, A.G., Kurt, Z., 2020. Bazı turp çeşitlerinin tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesi ve tuzlu koşullarda çimlenme üzerine salisilik asidin etkinliğinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 8(3): 632-637.
- Van Staden, J., Jäger, A.K., Light, M.E., Burger, B.V., 2004. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. *South African Journal of Botany*, 70: 654-659.
- Wang, L.Z., He, Q.W., 2005. Chinese Radish. Scientific and Technical Documents Publishing House, Beijing.
- Zohary, D., Hopf, M., 2000. Domestication of Plants in the Old World (3rd ed.). Oxford: University Press.



## EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17176693>

## Şeker Pancarı (*Beta vulgaris* L.) Genotiplerinin Morfolojik ve Kalite Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi

Betül YÜCEL <sup>1</sup>, Tolga KARAKÖY <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Sivas

<sup>2</sup> Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas  
Sorumlu Yazar Email: [tkarakoy@sivas.edu.tr](mailto:tkarakoy@sivas.edu.tr)

### Makale Tarihi

Geliş: 22.07.2025

Kabul: 31.08.2025

### Anahtar Kelimeler

Şeker pancarı,  
Morfolojik özellikler,  
Kalite parametreleri,  
PCA

**Özet:** Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) gen bankasından temin edilen 187 şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) genotipi ile beş ticari çeşit (Serenada, Varias, Evelina, Jaguar, Balaban) morfolojik ve kalite özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Araştırmada kök-gövde verimi, şeker oranı, yaprak verimi ve şeker verimi gibi agronomik karakterler incelenmiş, elde edilen veriler varyasyon katsayıları ve ana bileşen analizi (PCA) ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, genotipler arasında önemli düzeyde morfolojik ve kalite farklılıklarının bulunduğunu ortaya koymuştur. PCA sonuçlarına göre ilk dört ana bileşen toplam varyasyonun %100'ünü açıklamış, özellikle ilk üç bileşen (%78.55) genetik çeşitliliğin büyük bölümünü temsil etmiştir. Birinci ana bileşen şeker oranı ve kök verimi arasındaki ilişkiyi, ikinci bileşen yaprak ve şeker verimi arasındaki zıtlığı, üçüncü bileşen ise toplam verim ve şeker oranı farklılıklarını açıklamıştır. Ayrıca dendrogram analizi, ticari çeşitler ile USDA genotiplerinin farklı kümelerde yer aldığını ve genetik çeşitliliğin geniş olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular, şeker pancarı ıslahında ebeveyn seçiminin kritik rolünü vurgulamaktadır. Özellikle Serenada ve Varias gibi yüksek şeker oranına sahip çeşitlerin, Balaban ve Jaguar gibi yüksek kök veya yaprak verimi gösteren çeşitlerle melezlenmesi, heterozis etkisiyle hem verim hem de kaliteyi artıracak yeni kombinasyonların geliştirilmesine katkı sağlayabilir. USDA genotipleri ise mevcut ticari çeşitlerden uzak kümelerde yer alarak genetik varyasyon kaynağı olarak öne çıkmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma şeker pancarı genotiplerinde verim ve kalite parametreleri bakımından önemli bir genetik çeşitlilik bulunduğunu ortaya koymakta; bu çeşitliliğin, endüstriyel verimliliği yüksek ve morfolojik açıdan üstün yeni şeker pancarı çeşitlerinin geliştirilmesi için önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir.

## Evaluation of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Genotypes in Terms of Morphological and Quality Traits

### Article Info

Received: 22.07.2025

Accepted: 31.08.2025

### Keywords

Sugar beet,  
Morphological traits,  
Quality parameters,  
PCA

**Abstract:** In this study, 187 sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes obtained from the United States Department of Agriculture (USDA) gene bank and five commercial cultivars (Serenada, Varias, Evelina, Jaguar, Balaban) were evaluated in terms of morphological and quality traits. Agronomic characters such as root-shoot yield, sugar content, leaf yield, and sugar yield were examined, and the data were analyzed using coefficients of variation and principal component analysis (PCA). The results revealed significant morphological and quality differences among the genotypes. According to PCA, the first four principal components explained 100% of the total variation, with the first three components accounting for 78.55% of the genetic diversity. The first component reflected the relationship between sugar content and root yield, the second explained the contrast between leaf yield and sugar yield, while the third highlighted differences between total yield and sugar content. Furthermore, dendrogram analysis demonstrated that commercial cultivars and USDA genotypes clustered separately, indicating a broad genetic diversity. The findings emphasize the critical role of parent selection in sugar beet breeding. Particularly, high-sugar cultivars such as Serenada and Varias, when crossed with high root or leaf yield cultivars such as Balaban and Jaguar, may generate superior combinations through heterosis, enhancing both yield and quality. Moreover, USDA genotypes, which clustered distantly from commercial varieties, were identified as a valuable source of genetic variation. In conclusion, this study revealed a substantial genetic diversity in yield and quality parameters among sugar beet genotypes, highlighting their potential use in breeding programs aimed at developing new cultivars with higher industrial efficiency and superior morphological traits.

## 1. Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*), *Amaranthaceae* familyasına ait, ılıman iklim koşullarında yetiştirilen iki yıllık bir kültür bitkisidir (Biancardi ve ark., 2012). Yüksek sakkaroz içeriği sayesinde dünya çapında en önemli sanayi bitkilerinden biri konumunda olup, fotosentetik olarak verimli bir C3 bitkisi olması nedeniyle köklerinde yüksek miktarda şeker biriktirmektedir. Günümüzde dünya şeker üretiminin yaklaşık %20'si şeker pancarından, geri kalanı ise şeker kamışından elde edilmektedir (FAOSTAT, 2022). Şeker pancarının tarımsal önemi yalnızca şeker üretimiyle sınırlı değildir. Küspe ve melas gibi yan ürünler hayvan beslemede, kireç toprak ıslahında, etanol biyoyakıt üretiminde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Elferink ve ark., 2008; Panella, 2010). Ayrıca biyoplastik üretimi ve tıbbi amaçlı uygulamalar gibi alternatif kullanım alanları da giderek önem kazanmaktadır (Liu et al., 2011; Leiva-Eriksson ve ark., 2014). Bu çok yönlü kullanım, şeker pancarının ekonomik değerini artırmakta ve sürdürülebilir tarımsal üretimde kritik bir rol üstlenmesini sağlamaktadır (Shaw ve ark., 2002).

2023 yılı itibarıyla dünya genelinde şeker pancarı üretimi yaklaşık 281 milyon ton olup, bu üretimde Rusya, Fransa, Almanya, ABD ve Türkiye başı çekmektedir (FAO, 2023). Türkiye'de ise 2023 yılında yaklaşık 23,5 milyon ton üretim gerçekleşmiş, bu değer bir önceki yıla göre %22,1'lik artışa işaret etmiştir (TÜİK, 2023). Üretimin en yoğun olduğu iller arasında Konya, Yozgat, Eskişehir, Amasya ve Afyonkarahisar yer almaktadır. Şeker pancarında yüksek verim, şeker içeriği, kök morfolojisi ve kalite parametreleri; çeşitlerin performansını belirleyen en temel kriterlerdir. Özellikle kök ağırlığı, kök/baş oranı, kuru madde ve sakkaroz yüzdesi gibi özellikler, hem endüstriyel şeker verimini hem de ekonomik değerini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle farklı genotiplerin morfolojik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, ıslah çalışmalarında ve tarımsal uygulamalarda önemli bir basamak oluşturmaktadır (Bosemark, 2006). Bununla birlikte, çevresel stres koşullarına adaptasyon ve hastalık etmenlerine karşı dayanıklılık da çeşitlerin sürdürülebilir üretimdeki başarısını belirlemektedir. Bu noktada, morfolojik ve kalite özelliklerinin yanı sıra genetik çeşitliliğin ortaya konulması ve uygun seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi, ıslah programlarının etkinliğini artıracaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) gen bankasından temin edilen, 187 adet şeker pancarı genotipi ile 5 ticari pancar çeşidi (Serenada, Varias, Evelina, Jaguar, Balaban) materyal olarak kullanılmış ve şeker pancarı genotiplerine ait detaylı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Araştırma ile ilgili tarla denemesi, 2022-2023 yetiştirme mevsiminde, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarımsal Ar-Ge merkezinde yürütülmüştür.

**Tablo 1.** Çalışmada materyal olarak kullanılan şeker pancarı genotipleri

Genotip No	Kayıt No	Tür Adı	Genotip No	Kayıt No	Tür Adı	Genotip No	Kayıt No	Tür Adı
1	Ames 8283	<i>B. vulgaris</i>	66	PI 120695	<i>B. vulgaris</i>	131	Ames 2631	<i>B. vulgaris</i>
2	Ames 8286	<i>B. vulgaris</i>	67	PI 120693	<i>B. vulgaris</i>	132	PI 176425	<i>B. vulgaris</i>
3	PI 169017	<i>B. vulgaris</i>	68	PI 142821	<i>B. vulgaris</i>	133	Ames 2656	<i>B. vulgaris</i>
4	PI 193458	<i>B. vulgaris</i>	69	PI 140358	<i>B. vulgaris</i>	134	PI 109040	<i>B. vulgaris</i>
5	Ames 15638	<i>B. vulgaris</i>	70	PI 590697	<i>B. vulgaris</i>	135	PI 610317	<i>B. vulgaris</i>
6	Ames 8287	<i>B. vulgaris</i>	71	Ames 8280	<i>B. vulgaris</i>	136	PI 590584	<i>B. vulgaris</i>
7	Ames 8295	<i>B. vulgaris</i>	72	PI 590616	<i>B. vulgaris</i>	137	PI 169028	<i>B. vulgaris</i>
8	PI 596528	<i>B. vulgaris</i>	73	PI 142823	<i>B. vulgaris</i>	138	PI 171513	<i>B. vulgaris</i>
9	NSL 28024	<i>B. vulgaris</i>	74	Ames 14432	<i>B. vulgaris</i>	139	PI 590582	<i>B. vulgaris</i>
10	PI 105335	<i>B. vulgaris</i>	75	PI 256053	<i>B. vulgaris</i>	140	NSL 95223	<i>B. vulgaris</i>
11	PI 611062	<i>B. vulgaris</i>	76	Ames 2644	<i>B. vulgaris</i>	141	NSL 28026	<i>B. vulgaris</i>
12	Ames 8284	<i>B. vulgaris</i>	77	PI 120706	<i>B. vulgaris</i>	142	PI 175597	<i>B. vulgaris</i>
13	PI 142814	<i>B. vulgaris</i>	78	NSL 86577	<i>B. vulgaris</i>	143	Ames	<i>B. vulgaris</i>
14	Ames 8302	<i>B. vulgaris</i>	79	PI 142818	<i>B. vulgaris</i>	144	PI 169019	<i>B. vulgaris</i>
15	PI 140354	<i>B. vulgaris</i>	80	Ames 3049	<i>B. vulgaris</i>	145	NSL 28719	<i>B. vulgaris</i>
16	PI 169032	<i>B. vulgaris</i>	81	Ames 8294	<i>B. vulgaris</i>	146	PI 109039	<i>B. vulgaris</i>
17	PI 590621	<i>B. vulgaris</i>	82	PI 142817	<i>B. vulgaris</i>	147	NSL	<i>B. vulgaris</i>
18	PI 164968	<i>B. vulgaris</i>	83	PI 141909	<i>B. vulgaris</i>	148	PI 176873	<i>B. vulgaris</i>
19	Ames 4436	<i>B. vulgaris</i>	84	PI 117117	<i>B. vulgaris</i>	149	NSL 43404	<i>B. vulgaris</i>
20	PI 171518	<i>B. vulgaris</i>	85	Ames 8279	<i>B. vulgaris</i>	150	NSL 93285	<i>B. vulgaris</i>
21	PI 611059	<i>B. vulgaris</i>	86	PI 611060	<i>B. vulgaris</i>	151	NSL 28714	<i>B. vulgaris</i>
22	PI 179176	<i>B. vulgaris</i>	87	PI 140353	<i>B. vulgaris</i>	152	PI 613230	<i>B. vulgaris</i>
23	Ames 4377	<i>B. vulgaris</i>	88	NSL 176303	<i>B. vulgaris</i>	153	PI 590593	<i>B. vulgaris</i>
24	PI 613264	<i>B. vulgaris</i>	89	PI 140351	<i>B. vulgaris</i>	154	PI 590607	<i>B. vulgaris</i>
25	Ames 3096	<i>B. vulgaris</i>	90	PI 124404	<i>B. vulgaris</i>	155	PI 590683	<i>B. vulgaris</i>
26	PI 608800	<i>B. vulgaris</i>	91	PI 140362	<i>B. vulgaris</i>	156	PI 610328	<i>B. vulgaris</i>
27	PI 176875	<i>B. vulgaris</i>	92	Ames 8282	<i>B. vulgaris</i>	157	PI 610266	<i>B. vulgaris</i>
28	Ames 4265	<i>B. vulgaris</i>	93	PI 165062	<i>B. vulgaris</i>	158	Ames 2634	<i>B. vulgaris</i>
29	Ames 4331	<i>B. vulgaris</i>	94	PI 171519	<i>B. vulgaris</i>	159	Ames 2659	<i>B. vulgaris</i>
30	PI 120691	<i>B. vulgaris</i>	95	PI 164805	<i>B. vulgaris</i>	160	PI 590580	<i>B. vulgaris</i>
31	PI 124528	<i>B. vulgaris</i>	96	PI 140350	<i>B. vulgaris</i>	161	PI 590704	<i>B. vulgaris</i>
32	PI 142809	<i>B. vulgaris</i>	97	PI 120694	<i>B. vulgaris</i>	162	PI 613270	<i>B. vulgaris</i>
33	Ames 4375	<i>B. vulgaris</i>	98	PI 590684	<i>B. vulgaris</i>	163	NSL 6320	<i>B. vulgaris</i>
34	PI 142812	<i>B. vulgaris</i>	99	PI 142815	<i>B. vulgaris</i>	164	NSL 6624	<i>B. vulgaris</i>
35	Ames 3039	<i>B. vulgaris</i>	100	Ames 3060	<i>B. vulgaris</i>	165	NSL 80222	<i>B. vulgaris</i>
36	Ames 8288	<i>B. vulgaris</i>	101	PI 163176	<i>B. vulgaris</i>	166	PI 177269	<i>B. vulgaris</i>
37	Ames 8297	<i>B. vulgaris</i>	102	Ames 8292	<i>B. vulgaris</i>	167	Ames 2657	<i>B. vulgaris</i>
38	Ames 2661	<i>B. vulgaris</i>	103	PI 120692	<i>B. vulgaris</i>	168	Ames 2665	<i>B. vulgaris</i>
39	PI 144675	<i>B. vulgaris</i>	104	NSL 6346	<i>B. vulgaris</i>	169	NSL	<i>B. vulgaris</i>
40	NSL 28716	<i>B. vulgaris</i>	105	PI 610417	<i>B. vulgaris</i>	170	PI 613270	<i>B. vulgaris</i>
41	PI 140357	<i>B. vulgaris</i>	106	PI 590581	<i>B. vulgaris</i>	171	NSL 34674	<i>B. vulgaris</i>
42	PI 140360	<i>B. vulgaris</i>	107	PI 590808	<i>B. vulgaris</i>	172	PI 176421	<i>B. vulgaris</i>
43	Ames 4219	<i>B. vulgaris</i>	108	NSL 176412	<i>B. vulgaris</i>	173	PI 590589	<i>B. vulgaris</i>
44	PI 142810	<i>B. vulgaris</i>	109	PI 140355	<i>B. vulgaris</i>	174	PI 174058	<i>B. vulgaris</i>
45	Ames 3047	<i>B. vulgaris</i>	110	PI 610291	<i>B. vulgaris</i>	175	NSL	<i>B. vulgaris</i>
46	Ames 8448	<i>B. vulgaris</i>	111	PI 113306	<i>B. vulgaris</i>	176	NSL	<i>B. vulgaris</i>
47	PI 120707	<i>B. vulgaris</i>	112	PI 164671	<i>B. vulgaris</i>	177	NSL 28041	<i>B. vulgaris</i>
48	PI 142816	<i>B. vulgaris</i>	113	Ames 8447	<i>B. vulgaris</i>	178	Ames 8295	<i>B. vulgaris</i>
49	PI 610286	<i>B. vulgaris</i>	114	PI 148625	<i>B. vulgaris</i>	179	NSL 93280	<i>B. vulgaris</i>
50	PI 172733	<i>B. vulgaris</i>	115	PI 171508	<i>B. vulgaris</i>	180	NSL	<i>B. vulgaris</i>
51	PI 176427	<i>B. vulgaris</i>	116	PI 169014	<i>B. vulgaris</i>	181	NSL 28020	<i>B. vulgaris</i>
52	PI 610323	<i>B. vulgaris</i>	117	Ames 8281	<i>B. vulgaris</i>	182	PI 590658	<i>B. vulgaris</i>
53	PI 140356	<i>B. vulgaris</i>	118	PI 120705	<i>B. vulgaris</i>	183	PI 590765	<i>B. vulgaris</i>
54	PI 169029	<i>B. vulgaris</i>	119	PI 140361	<i>B. vulgaris</i>	184	PI 610321	<i>B. vulgaris</i>
55	PI 142811	<i>B. vulgaris</i>	120	PI 179845	<i>B. vulgaris</i>	185	PI 172734	<i>B. vulgaris</i>
56	PI 142808	<i>B. vulgaris</i>	121	PI 174060	<i>B. vulgaris</i>	186	PI 613266	<i>B. vulgaris</i>
57	PI 165485	<i>B. vulgaris</i>	122	NSL 188575	<i>B. vulgaris</i>	187	PI 610316	<i>B. vulgaris</i>
58	Ames 8293	<i>B. vulgaris</i>	123	NSL 6319	<i>B. vulgaris</i>	188	Seranada	<i>B. vulgaris</i>
59	Ames 10841	<i>B. vulgaris</i>	124	NSL 86579	<i>B. vulgaris</i>	189	Varias	<i>B. vulgaris</i>
60	Ames 8291	<i>B. vulgaris</i>	125	Ames 2632	<i>B. vulgaris</i>	190	Evelina	<i>B. vulgaris</i>
61	PI 164659	<i>B. vulgaris</i>	126	Ames 10838	<i>B. vulgaris</i>	191	Jaguar	<i>B. vulgaris</i>
62	Ames 4376	<i>B. vulgaris</i>	127	Ames 2652	<i>B. vulgaris</i>	192	Balaban	<i>B. vulgaris</i>
63	Ames 2658	<i>B. vulgaris</i>	128	NSL 176410	<i>B. vulgaris</i>			
64	PI 179180	<i>B. vulgaris</i>	129	NSL 31344	<i>B. vulgaris</i>			
65	PI 610287	<i>B. vulgaris</i>	130	NSL 142007	<i>B. vulgaris</i>			

Çalışmada yer alan populasyonlara ilişkin elde edilen morfolojik ve kalite verilerin değerlendirilmesinde; incelenen karakterler bakımından ortaya çıkan farklı grupların belirlenmesi ve varyansların hesaplanması Ana Bileşen Analiz (ABA) yöntemi uyarınca JMP 7.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Şeker pancarı genotiplerinde saptanan agro-morfolojik karakterlere ilişkin ortalama, varyasyon katsayısı ve değişim sınırları değerleri Tablo 1’de, incelenen bitkisel karakterlere ilişkin ilk 4 ana bileşen için saptanan eigen ve varyans değerleri ile özelliklerin ana bileşendeki dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Şeker pancarı gen kaynaklarının tarımsal özellikleri için ortalama, standart sapma, en düşük ve en yüksek değerleri.

Özellik	Ortalama	Standart Sapma	En Düşük	En Yüksek
Kök Gövde Verimi	6673,28	1132,55	4466,90	8952,28
Şeker Oranı	16,3018	1,4955	12,1290	19,7730
Yaprak Verimi	2524,78	298,453	1998,65	3402,68
Şeker Verimi	1282,67	108,029	1070,15	1485,24

Tablo 1’in incelenmesinden; ele alınan bitkisel karakterler yönünden şeker pancarı genotiplerinin önemli varyasyon gösterdiği; kök gövde verimi, yaprak verimi ve şeker verimi gibi verim üzerinde doğrudan etkili bitkisel karakterler yönünden saptanan varyasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

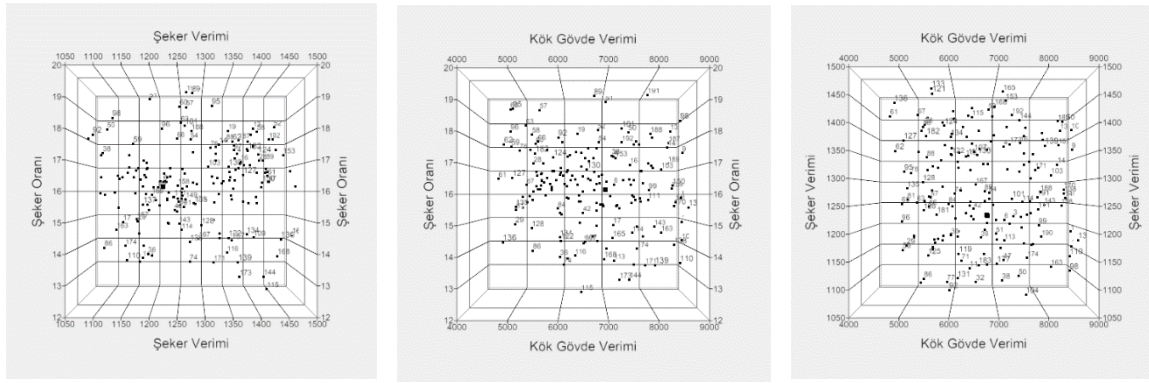
**Tablo 2.** İncelenen bitkisel karakterlere ilişkin ilk 4 ana bileşen için saptanan Eigen ve varyans değerleri ile özelliklerin ana bileşendeki dağılımı.

	PRIN 1	PRIN 2	PRIN 3	PRIN 4
Eigen değeri	1.177	1.065	0.899	0.857
Yüzde	29,441	26,633	22,486	21,441
Yığılmalı yüzde	29,441	56,073	78,559	100,00
Kök-Gövde verimi	-0,647	0,191	0,107	0,729
Şeker oranı	0,627	0,178	-0,486	0,581
Yaprak verimi	0,284	-0,709	0,535	0,359
Şeker verimi	0,326	0,654	0,682	0,017

Tablo 2’nin incelenmesinden, ilk dört ana bileşenin toplam varyasyonun %100’ünü açıkladığı, özellikle ilk üç bileşenin ise varyasyonun %78.55’ini temsil ettiği görülmektedir. Birinci ana bileşen (PRIN1) toplam varyasyonun %29.44’ünü açıklamakta olup kök-gövde verimi ile negatif, buna karşın şeker oranı ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Bu durum, yüksek şeker oranı gösteren genotiplerin kök-gövde veriminde azalmalar gösterebildiğini ortaya koymaktadır. İkinci ana bileşen (PRIN2) toplam varyasyonun %26.63’ünü açıklamakta ve yaprak verimi ile negatif, şeker verimi ile ise güçlü pozitif ilişki sergilemektedir. Bu bulgu, yüksek şeker verimine sahip genotiplerin daha düşük yaprak verimi gösterebileceğini, dolayısıyla kaynak dağılımının kök ve şeker oluşumu lehine yönlendirildiğini işaret etmektedir. Üçüncü ana bileşen (PRIN3) varyasyonun %22.49’ünü açıklamakta olup yaprak verimi ve şeker verimi ile pozitif, şeker oranı ile negatif ilişkili bulunmuştur. Bu durum, şeker oranı yüksek olmayan fakat yaprak ve toplam şeker verimi yüksek olan genotiplerin bu bileşende ayrıştığını göstermektedir. Dördüncü ana bileşen (PRIN4) ise varyasyonun %21.44’ünü açıklamaktadır. Bu bileşende kök-gövde verimi ve şeker oranı pozitif yük değerleri sergilerken,

şeker verimi ile zayıf ilişki göstermektedir. Bu bulgu, kök verimi ve şeker oranının belirli genotiplerde birlikte seyrettiğini ortaya koymaktadır.

Literatürde de benzer şekilde, kök verimi ve şeker oranı arasındaki dengenin genotipler arasında değişkenlik gösterdiği, bazı gruplarda pozitif korelasyonların, bazı gruplarda ise zıt ilişkilerin gözlenebildiği bildirilmiştir (Panella, 2010; Liu ve ark., 2011). Ayrıca yaprak verimi ve şeker verimi arasındaki ilişkilerin çevresel koşullara bağlı olarak farklılık gösterebildiği de vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, şeker pancarı genotiplerinde PCA ile ortaya konulan varyasyon, özellikle verim ve kalite parametreleri açısından genetik çeşitliliğin geniş olduğunu göstermektedir. Bu çeşitlilikten ıslah programlarında yararlanılması, hem endüstriyel şeker verimi yüksek hem de morfolojik yönden üstün yeni çeşitlerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Bosemark, 2006).

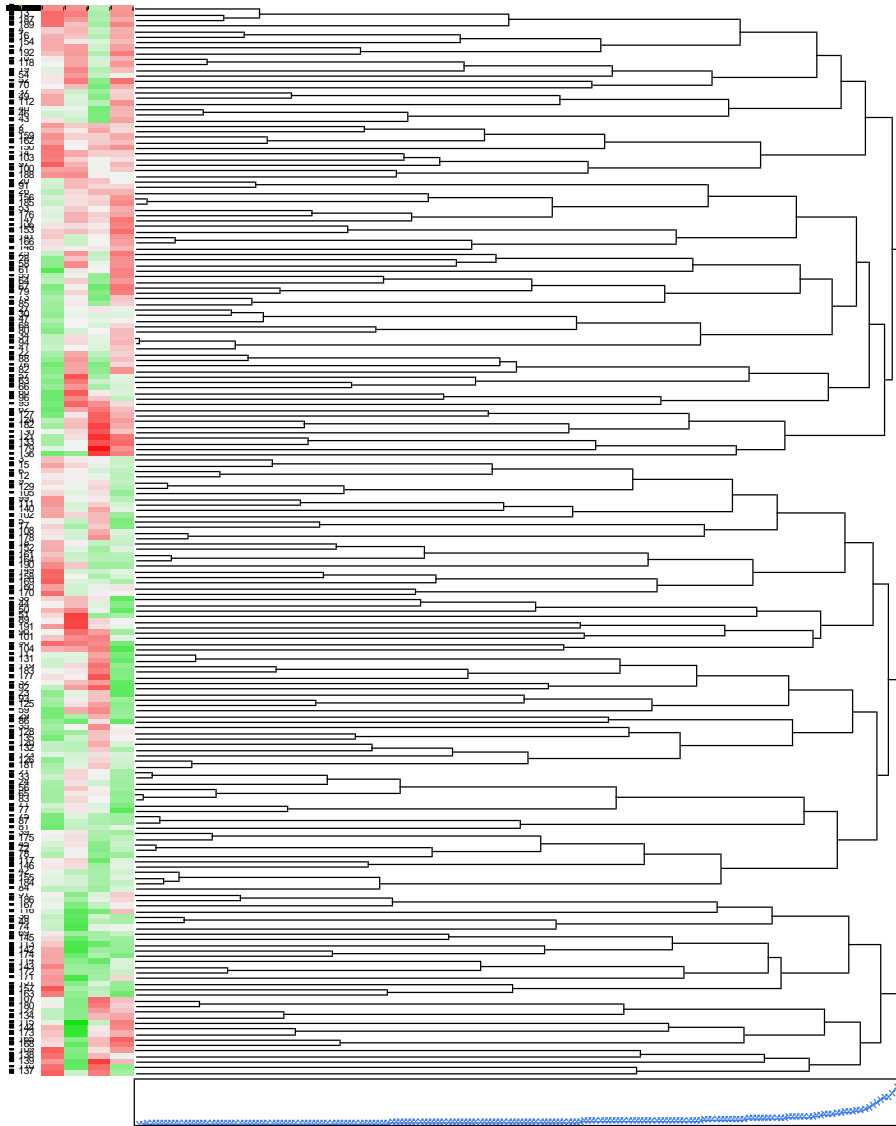


**Şekil 1.** Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) genotiplerinin morfolojik ve kalite özelliklerine göre ana bileşen analizi (PCA-biplot) dağılım grafiği.

Şekil 1’de verilen PCA-biplot grafiği, incelenen şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) genotiplerinin morfolojik ve kalite özellikleri bakımından dağılımını ortaya koymaktadır. Grafikte, genotiplerin farklı ana bileşenler üzerinde konumlanması, özellikler arasındaki ilişkileri ve genotipler arası varyasyonu görsel olarak yansıtmaktadır. Birinci ana bileşen (PRIN1), varyasyonun %29.44’ünü açıklamakta olup kök-gövde verimi ile negatif, şeker oranı ile pozitif yüklenmiştir. Bu durum, grafikte sağ tarafta yer alan genotiplerin yüksek şeker oranı, sol tarafta yer alanların ise yüksek kök-gövde verimi ile karakterize edildiğini göstermektedir. İkinci ana bileşen (PRIN2) ise varyasyonun %26.63’ünü açıklamakta, yaprak verimi ile negatif, şeker verimi ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Buna göre üst kısımda yer alan genotipler yüksek şeker verimine, alt kısımda yer alan genotipler ise yüksek yaprak verimine sahip grupları temsil etmektedir. Grafikte ticari çeşitlerden Serenada ve Varias’ın yakın konumlanarak şeker oranı yüksek bir grup oluşturduğu, Balaban’ın kök-gövde verimiyle ilişkili farklı bir bölgede yer aldığı, Jaguar ve Evelina’nın ise daha çok yaprak ve şeker verimi ile ilişkili konumlandığı görülmektedir. USDA genotipleri ise ticari çeşitlerden uzak alanlara dağılmış olup, bu durum onların genetik çeşitlilik kaynağı olarak potansiyelini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, PCA grafiği incelenen genotiplerin verim ve kalite bileşenlerine göre farklı gruplar oluşturduğunu, bu grupların ıslah çalışmalarında ebeveyn seçiminde önemli bir rehber sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle birbirinden uzak konumlanan genotiplerin melezlenmesi, heterozis etkisi ile hem verim hem de kalite yönünden üstün kombinasyonların geliştirilmesine katkı sağlayacaktır (Genç ve Yağbasanlar, 2002).

Şekil 2’de verilen UPGMA dendrogramı, güncellenmiş materyal listesinde yer alan şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) genotiplerinin morfolojik ve kalite özellikleri bakımından farklı kümeler oluşturduğunu göstermektedir. Dendrogramda özellikle ticari çeşitler (Serenada,

Varias, Evelina, Jaguar, Balaban) ile USDA gen bankasından alınan genotiplerin ayrı gruplarda toplandığı dikkati çekmektedir. Serenada ve Varias çeşitlerinin benzer bir alt grupta yer aldığı, bu grubun yüksek şeker oranı ve dengeli kök-gövde verimi ile öne çıktığı belirlenmiştir. Evelina ve Jaguar ise farklı bir kümeye ayrılmış olup, özellikle yaprak verimi ve toplam şeker verimi bakımından karakterize edilmektedir. Balaban çeşidi, dendrogramda bağımsız bir pozisyon sergilemiş; kök verimi ve şeker oranı bakımından farklı özellikleriyle diğer çeşitlerden ayrılmıştır. USDA genotipleri incelendiğinde, PI 169017, PI 193458 (Ames 15638), PI 120692, PI 610417, NSL 6346, Ames 2632, PI 109040, NSL 176410, NSL 80222 gibi genotiplerin ticari çeşitlerden uzak kümelerde yer aldığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu genotiplerin genetik çeşitlilik kaynağı olarak önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Ayrıca Ames 8283, Ames 8292, Ames 8295, PI 142809, PI 142823, PI 140354 gibi bazı genotiplerin dendrogramda farklı alt gruplarda ayrışması, morfolojik ve kalite özellikleri yönünden çeşitlilik barındırdığını göstermektedir.



Şekil 2. Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) genotiplerinin morfolojik ve kalite özelliklerine göre hiyerarşik kümeleme dendrogramı (UPGMA).

Sonuç olarak, Şekil 2'deki dendrogram; ticari çeşitlerin daha homojen gruplar oluşturduğunu, USDA kökenli genotiplerin ise genetik çeşitliliği artıracak genetik rezervuar işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır (Lathouwers ve ark., 2005). Bu bulgu, ıslah programları



açısından değerlidir. Özellikle yüksek şeker oranına sahip Serenada ve Varias gibi çeşitlerin, yüksek kök verimi ve yaprak verimi ile öne çıkan Balaban, Jaguar ve bazı USDA genotipleri ile melezlenmesi, heterozis etkisiyle hem verim hem de kalite özelliklerinde üstün kombinasyonların elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

#### 4. Sonuç

Ana bileşen analizi (PCA) sonuçları, şeker pancarı genotipleri arasında morfolojik ve kalite özellikleri bakımından geniş bir varyasyon bulunduğunu açıkça ortaya koymuştur. İlk dört ana bileşenin toplam varyasyonun %100'ünü açıklaması, çalışmada incelenen temel tarımsal karakterlerin genotipler arasındaki farklılıkları ayırt etmede yeterli olduğunu göstermektedir. Özellikle ilk üç bileşenin %78.55'lik kısmı açıklaması, verim ve kalite parametrelerinin genetik çeşitliliğin büyük bölümünü temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Birinci ana bileşende (PRIN1) kök-gövde verimi ile negatif, şeker oranı ile pozitif ilişkilerin ortaya çıkması, yüksek şeker oranı taşıyan genotiplerin kök veriminde sınırlı kalabileceğine işaret etmektedir. İkinci ana bileşende (PRIN2) yaprak verimi ile negatif, şeker verimi ile pozitif ilişkilerin bulunması ise, asimilasyon ürünlerinin bitki organları arasındaki farklı dağılım stratejilerini göstermektedir. Üçüncü ana bileşende (PRIN3) yaprak verimi ve şeker veriminin pozitif yük değerlerine karşılık şeker oranının negatif yük göstermesi, bazı genotiplerde yüksek şeker oranı yerine daha çok toplam verime odaklanıldığını düşündürmektedir (Mall ve ark., 2020; Mukherjee ve Gantait, 2023). Dördüncü ana bileşende (PRIN4) kök-gövde verimi ve şeker oranı birlikte pozitif yüklenmiş olup, bu da bazı genotiplerde hem verim hem de kalite parametrelerinin aynı anda iyileşebileceğini göstermektedir. Bu bulgular, şeker pancarı ıslah programları açısından kritik öneme sahiptir. Çünkü ıslah çalışmalarında ebeveyn seçiminde kullanılacak genotiplerin, yalnızca tek bir özelliğe değil, çoklu özellik kombinasyonlarına göre değerlendirilmesi gerekmektedir (Richardson, 2010; Baydar, 2021; Ertürk ve Ağır, 2022). Örneğin, yüksek şeker oranına sahip fakat kök verimi düşük olan genotipler, kök verimi yüksek hatlarla melezlendiğinde heterozis etkisiyle hem verim hem de kaliteyi dengeleme potansiyeli taşımaktadır. Benzer şekilde, yaprak verimi düşük fakat şeker verimi yüksek genotipler, fotosentetik kapasitesi yüksek ebeveynlerle birleştirilerek daha dengeli genotiplerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir (Biancardi ve ark., 2005). Literatürde de vurgulandığı üzere (Panella, 2010; Leiva-Eriksson et al., 2014), ebeveyn seçimi şeker pancarı ıslahında verim ve kalite parametrelerini bir arada optimize edebilmek için en kritik aşamalardan biridir. Ana bileşen analiziyle ortaya çıkan varyasyonlar, ebeveyn hatlarının birbirini tamamlayıcı özelliklerini belirlemeye olanak tanımakta, bu sayede yeni nesil kombinasyonlarda daha yüksek genetik kazanımlar elde edilebilmektedir (Ivic ve Smigocki, 2001). Sonuç olarak, çalışmada incelenen genotipler arasında önemli agronomik ve morfolojik farklılıkların bulunduğu, bu farklılıkların şeker pancarı ıslahı için ebeveyn seçimi sürecinde etkin şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir. PCA sonuçları, verim bileşenleri ve kalite parametreleri arasındaki ilişkilerin detaylı analizini sağlayarak, ıslah programlarında daha bilinçli ve hedefe yönelik seleksiyon yapılmasına katkı sunmaktadır. Bu çeşitlilikten yararlanılarak, hem yüksek verimli hem de endüstriyel kalite standartlarını karşılayan yeni şeker pancarı çeşitlerinin geliştirilmesi mümkün olacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2023-DTP-TBT-0001 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür. Sağladığı değerli katkılar ve desteklerinden dolayı Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz. Bu makale ilk yazarın (Betül YÜCEL) doktora tezinden üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Baydar, H., 2021. Bitki Islahı ve Genetiği. Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Biancardi, E., Campbell, L.G., Skaracis, G.N., DeBiaggi, M., 2005. Genetics and Breeding of Sugar Beet. Science Publishers, USA.
- Biancardi, E., Panella, L.W., Lewellen, R.T., 2012. Beta maritima. In The Origin of Beets. Springer, New York.
- Bosemark, N.O., 2006. Genetics and Breeding. In Sugar Beet. Blackwell Publishing, United Kingdom.
- Elferink, E.V., Nonhebel, S., Moll, H.C., 2008. Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *Journal of Cleaner Production*, 16(12): 1227–1233.
- Ertürk, E., Ağır, H.B., 2022. Yield and quality characteristics, and profitability of some winter-summer sugar beet varieties in Kahramanmaraş conditions. *Sugar Tech*, 24(5): 1461-1469.
- FAO, 2023. *FAOSTAT statistical database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<https://www.fao.org/faostat/>), (Erişim Tarihi: 02.05.2025).
- Genç, İ., Yağbasanlar, T., 2002. Bitki Islahı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- Ivic, S.D., Smigocki, A.C., 2001. Evaluation of the biolistic transformation method for commercially important sugar beet breeding lines. In Proc. 31st Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists, Vancouver.
- Lathouwers, J., Weyens, G., Lefebvre, M., 2005. Transgenic research in sugar beet. In Genetic modification in sugar beet. International Institute of Beet Research, Brussels, Belgium.
- Leiva-Eriksson, N., Pin, P.A., Kraft, T., Dohm, J.C., Minoche, A.E., Himmelbauer, H., Jung, C., 2014. Differential expression of genes related to taproot formation and sucrose accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *BMC Plant Biology*, 14(1): 1–13.
- Liu, J., Fernie, A. R., Yan, J., 2011. The molecular physiology of crop yield. *Nature Reviews Genetics*, 12(10): 819–828.
- Mall, A.K., Misra, V., Singh, B.D., Pathak, A.D., 2020. Quality seed production of sugar beet in India. *Advances in Seed Production and Management*, 139-159.
- Mukherjee, E., Gantait, S., 2023. Genetic transformation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.): technologies and applications. *Sugar Tech*, 25(2): 269-281.
- Panella, L., 2010. Sugar beet breeding. In J. Janick (Ed.), *Plant Breeding Reviews*. John Wiley & Sons, pp. 35–77.
- Richardson, K., 2010. Traditional breeding in sugar beet. *Sugar Tech*, 12: 181-186.
- Shaw, B., Thomas, T.H., Cooke, D.T., 2002. Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. *Plant Growth Regulation*, 37: 77–83.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu Tarım İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. (<https://data.tuik.gov.tr>), (Erişim Tarihi: 05.05.2025).

**EJONS**

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17222911>**Enhancing Efficiency and Creativity in Interior Design Through Diffusion Models**

Alia RAHMOUN <sup>1</sup>, Afra Nur BOZKURT <sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Tabanlıoğlu Architects, Design Center, Istanbul, Türkiye  
Corresponding Author Email: [afnanur@tabanlıoğlu.com](mailto:afnanur@tabanlıoğlu.com)

**Article Info**

Received: 30.07.2025  
Accepted: 31.08.2025

**Keywords**

Interior Design,  
Diffusion Models,  
Generative Design  
Technologies,  
MidJourney,  
Text-to-Image  
Generation

**Abstract:** Interior design often faces challenges related to time-consuming processes and limited creative flexibility. Recently, text-based artificial intelligence models have introduced new possibilities for faster, more diverse, and aesthetically rich design generation. This study investigates the performance of diffusion based models, specifically MidJourney, ChatGPT DALL·E, and FLUX.1 Kontext, in interior design visualization and compares them with a traditional rendering tool. Using identical textual prompts, images were generated across all platforms and evaluated based on aesthetic coherence, compositional quality, and alignment with the input descriptions. The findings highlight MidJourney as the most effective tool for transforming conceptual design ideas into visually compelling outputs. It demonstrated clear strengths in capturing stylistic nuance, atmospheric consistency, and visual appeal, making it especially valuable in early stage design workflows such as ideation and client presentations. The results indicate that text to image generation technologies like MidJourney can serve as powerful tools that enhance creativity and streamline communication in interior design. This study contributes to the growing body of research on AI assisted design by demonstrating how generative models can support innovation and efficiency in visual representation practices.

**1. Introduction**

There is a significant global demand for interior design, but current design methods and approaches may not fully address these needs. One factor contributing to this issue is the complexity of the interior design process, where frequent modifications result in decreased design efficiency (Bao et al., 2022; Park and Hyun, 2022; Wang et al., 2023). Moreover, designers often rely on established methods to streamline their work, which can stifle creativity and limit innovation (Sinha and Fukey, 2022; Wang et al., 2023). Therefore, enhancing the efficiency of interior design processes and fostering greater innovation are crucial.

AI's capacity to rapidly and precisely simulate design alternatives has a profound impact on human traits such as creativity, especially when utilizing various AI platforms. Digital tools and technologies act as enablers for cognitive strategies and skills, fostering creative thinking in design processes (Lessig, 2002). AI technologies offer significant advantages over traditional interior design methods in terms of time savings, improved quality, and a wider range of design options. Studies have shown that AI-powered platforms significantly shorten design timelines, enhance productivity, and reduce costs (Lesmana, 2024). Additionally, AI analyzes user preferences to generate high-quality, personalized, and aesthetically strong interior solutions (Liu, 2024). Thanks to generative AI technologies, designers can produce numerous alternative

solutions in a short time, which fosters creativity and supports more flexible and innovative design decisions (Thakkar, 2024).

Recent developments in artificial intelligence, especially in the fields of image creation and modification, have greatly enhanced the efficiency of interior design workflows. Two widely adopted approaches driving these innovations are Generative Adversarial Networks (GANs) (Zhu, 2016; Jahanian, 2020; Meng, 2024) and Diffusion Models (Rombach, 2021; Lugmayr, 2022; Cheng, 2023). While GAN-based techniques excel in generating high-fidelity images with quick inference times, they often struggle with issues such as training instability and mode collapse. In contrast, Diffusion Models have proven to surpass GANs in terms of generating high-quality, realistic images. The advent of the diffusion model (Dickstein, 2015; Croitoru, 2023) offers a solution to the challenges of inefficiency and limited creativity in interior design (Nichol, 2021; Liu, 2023). The diffusion model's benefit lies in its ability to acquire prior knowledge from extensive pairs of images and text descriptions (Song, 2019; Ramesh, 2022). This paper explores how artificial intelligence diffusion models can enhance efficiency and visual appeal in interior design. By generating customized designs from text descriptions, these models address common design challenges and enable rapid creation of aesthetically pleasing spaces. We compare various models to understand their impact on design innovation and practical applications.

This study contributes to the field of interior design and architectural visualization in the following ways:

1. It offers a structured comparison of diffusion-based text-to-image models—MidJourney, ChatGPT-DALL·E, and FLUX.1 Kontext—assessed through consistent prompts and evaluated on visual coherence, prompt alignment, and usability.
2. It provides empirical insights into how these AI tools perform in early-stage design processes, particularly for ideation and visual communication.
3. It highlights current technical limitations of generative models, such as spatial inconsistency and limited multi-view reliability, suggesting areas for future research and improvement.
4. It proposes a practical framework for incorporating AI-generated visual content into existing design workflows, supporting more efficient and flexible approaches to interior visualization.

This article is structured as follows. The Introduction outlines the study's purpose and the role of AI-based diffusion models in interior design. Section 2 presents a literature review on AI applications and image generation technologies. Section 3 introduces and compares key AI tools used for image rendering, including ChatGPT-DALL·E, MidJourney, and FLUX.1 Kontext. Section 4 explains the methodology used for evaluating these tools. Section 5 concludes the paper with a summary of findings and future research directions.

## **2. Literature Review**

Interior design usually entails designers utilizing their artistic sensibility and technical expertise to craft interior spaces with distinct decorative themes tailored to clients' preferences. They are responsible for choosing the right design components, such as tiles, furniture, color schemes, and patterns, to bring the desired aesthetic to life. A clearly articulated interior design style plays a crucial role in giving the space its distinctive character and differentiating it from others. Designers typically use design visualizations to finalize designs with clients, but this method can be inefficient. The inefficiency arises because the traditional interior design process is linear, requiring designers to spend significant time creating design images and limiting real-time communication with clients, which often leads to numerous revisions (Chen, 2023).

The initial diffusion model, proposed in 2015 by Denko, has undergone continuous optimization and improvement since then (Song, 2020). The enhanced model has emerged as a leading generative model due to its outstanding image generation capabilities (Song, 2020; Dhariwal, 2021). Diffusion models operate through two main processes: the forward process, which gradually introduces noise into the original image, and the reverse process, which iteratively removes noise from random noise to reconstruct the image. These models learn the denoising procedure, enabling them to generate images (Denko, 2015; Song, 2020). In the forward process, Gaussian noise is systematically added to the data through a Markov chain, progressively destroying the structure of the original image over time. The reverse process then attempts to learn the inverse of this degradation by predicting and removing the noise step by step, effectively generating a coherent image from random noise. This denoising-based reconstruction mechanism is central to the performance of diffusion models and has been further optimized in recent work through techniques like residual denoising and faster sampling schedules (Song, 2020).

Building on this architecture, recent advancements have enabled conditional image generation, particularly through text-to-image diffusion models. To generate an image belonging to a specific category or containing particular features, text guidance is required. Text-to-image diffusion models facilitate controlled image creation by using text as a guiding factor (Dhariwal, 2021; Ho and Salimans, 2021; Gafni, 2022; Liu, 2023). One key benefit of text-guided diffusion models is their ability to produce images that accurately reflect the meaning of the input text.

In diffusion models, new knowledge can be acquired in two ways: by retraining the entire model or by fine-tuning it to adapt to new scenarios. Given the significant expense associated with retraining the entire model, fine-tuning is a more practical approach. There are four widely used methods for fine-tuning models, with the first being textual inversion (Lessig, 2002; Choi, 2021; Dhariwal, 2021; Gal, 2022).

### **3. AI Tools for Image Rendering**

#### **3.1. ChatGPT**

The integration of ChatGPT with the DALL·E model has introduced a new approach to generating interior architectural renderings by converting written descriptions into detailed visual outputs. This system enables users to articulate spatial concepts—such as room layout, lighting, materials, and furnishings—and receive realistic design visuals accordingly. Research has shown that such AI-assisted workflows support design students in developing and refining their ideas more efficiently during the early stages of creative work (Abrusci et al., 2023). A separate study focusing on image generation in surrealist styles found that prompts generated through ChatGPT led to higher-quality outputs from DALL·E. These findings emphasize the model's effectiveness in interpreting stylistic language and translating it into coherent visual compositions, which can be especially valuable in conceptual and artistic interior design processes (Ayten et al., 2024).

#### **3.2. MidJourney**

MidJourney, a text-to-image AI tool, has emerged as a creative support mechanism in interior architectural design, particularly during the conceptual visualization stage. Its ability to transform textual descriptions into visuals depicting spatial layouts, materials, and lighting enables rapid exploration of design alternatives in the early stages. In a study involving architecture students, MidJourney was found to stimulate idea generation and enhance imagination, although its limitations in structural logic and spatial accuracy were noted (Paananen et al., 2024). Another study highlighted MidJourney's effectiveness in visualizing material combinations and aesthetic elements, especially in traditional architectural contexts.

While the tool is not capable of producing structurally accurate or technically detailed architectural renderings, it excels in generating compelling textures, color schemes, and atmospheric compositions. As such, MidJourney serves as a valuable tool for designers looking to develop mood boards or communicate early design intentions visually (Tanugraha, 2023)

### 3.3. FLUX.1 Kontext

FLUX.1 Kontext is a generative flow matching model that unifies text-to-image and image-to-image generation through a simple sequence concatenation of visual and textual inputs. Unlike traditional or diffusion-based editors, it offers fast rendering and excels in preserving object identity and consistency across iterative edits. Evaluated on the KontextBench benchmark with 1,026 real-world image-prompt pairs, it outperforms in tasks like character preservation and text-based editing, proving competitive with both open-source and proprietary systems (Labs, 2025). In interior architecture and design visualization, FLUX.1 Kontext offers a powerful solution for fast and flexible concept development. Designers can begin with a reference image such as a rough sketch or an empty room and iteratively apply natural language instructions like “add a modern sofa” or “change lighting to warm daylight.” With rendering speeds of 3–5 seconds at high resolution and strong spatial and stylistic consistency, the model supports rapid prototyping, virtual staging, and personalized client presentations. Its ability to condition on both text and image inputs without retraining makes it especially useful for aligning outputs with real-world constraints or aesthetic references, enabling efficient and visually coherent design workflows. To better understand the practical implications of these tools, their key strengths and limitations can be compared side by side. In interior design, these AI tools are primarily used for early-stage ideation, rapid visualization of spatial concepts, and exploration of materials, lighting, and atmosphere. They also serve as effective means of communicating design intentions to clients and stakeholders, while supporting iterative refinement and personalized presentations. The following table provides a concise overview of the advantages and disadvantages of ChatGPT, MidJourney, and FLUX.1 Kontext in the context of image rendering and interior architectural design.

**Table 1.** Advantages and Disadvantages of AI Tools for Image Rendering in Interior Design

AI Tool	Advantages	Disadvantages
<b>ChatGPT (with DALL·E integration)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Converts written descriptions into realistic interior design visuals.</li><li>- Quickly visualizes spatial concepts (lighting, materials, furniture).</li><li>- Speeds up idea development for design students.</li><li>- Effective at interpreting stylistic language and generating artistic designs.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Generated visuals may lack structural accuracy.</li><li>- Can struggle with complex spatial relationships.</li><li>- Independent from real-time or updated data.</li></ul>
<b>MidJourney</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Provides fast concept visualization from text prompts.</li><li>- Strong in generating materials, textures, colors, and atmosphere.</li><li>- Stimulates creativity and imagination.</li><li>- Very useful for mood boards and aesthetic combinations.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Weak in spatial accuracy and structural logic.</li><li>- Does not generate technical or detailed architectural renderings.</li><li>- Runs via Discord, which limits ease of access.</li></ul>
<b>FLUX.1 Kontext</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Supports both text-to-image and image-to-image workflows.</li><li>- Preserves object identity and consistency across edits.</li><li>- Fast (3–5 sec) high-resolution rendering.</li><li>- Allows realistic and personalized designs with reference images.</li><li>- High consistency in iterative refinements.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Smaller community and fewer resources compared to MidJourney.</li><li>- Higher learning curve for beginners.</li><li>- Still evolving with limited integrations.</li><li>- Can be resource-intensive for some workflows</li></ul>



### 3.4. Methodology

This study employs a comparative visual analysis methodology to evaluate the effectiveness of traditional rendering engines and modern AI-based text-to-image models in interior architectural visualization. By generating interior design images using both conventional rendering tool and AI-driven platforms (ChatGPT-DALL·E, MidJourney, FLUX.1 Kontext), the research investigates visual quality, prompt interpretation accuracy, aesthetic coherence, and spatial realism. Each model is tested using the same textual prompts to maintain consistency in input, enabling a side-by-side assessment of their outputs in terms of creativity, realism, and technical performance.

To ensure a fair and reproducible comparison across all models, we employed a standardized set of textual prompts. Each prompt was designed to represent common interior design scenarios, focusing on spatial qualities, materiality, and atmosphere. The same prompts were applied to MidJourney, ChatGPT-DALL·E, and FLUX.1 Kontext, with only minor adjustments where platform syntax required. Representative examples of the prompts include:

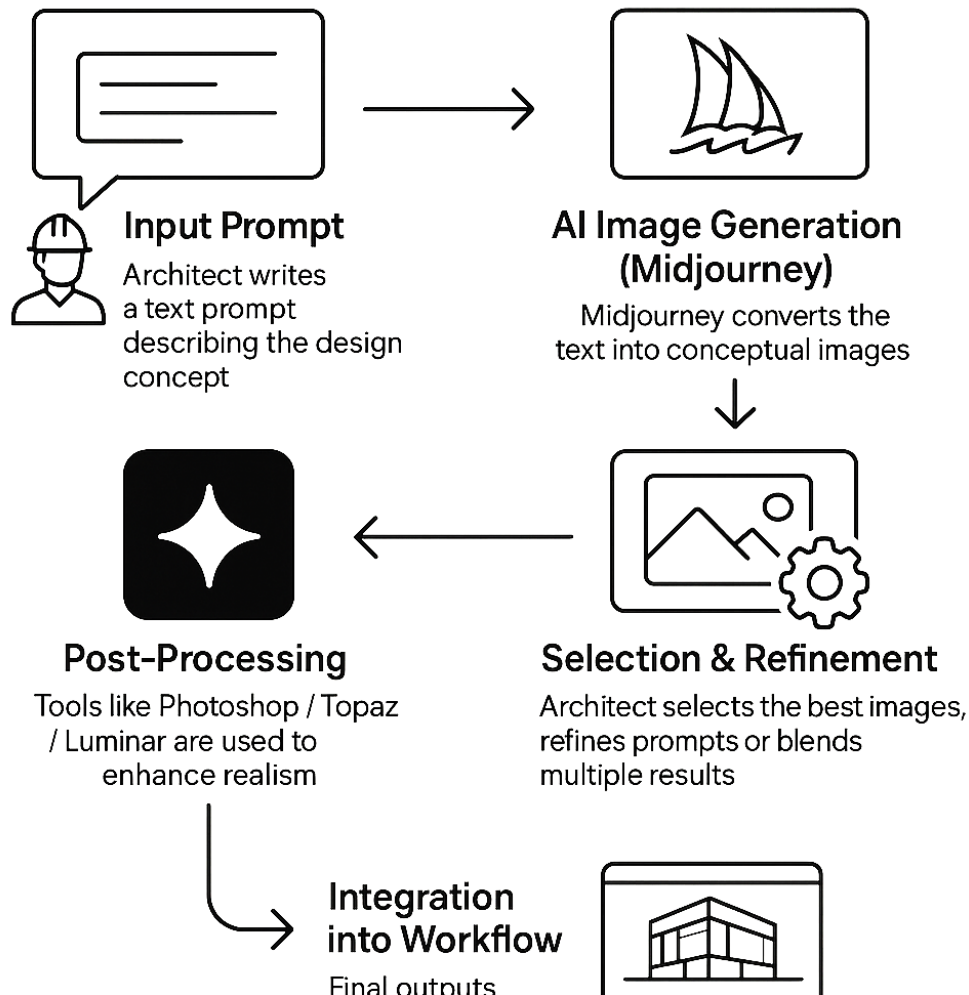
1. A modern interior with natural light, wooden surfaces, and minimalist elements in neutral tones.
2. A contemporary interior with an open layout, ergonomic features, and biophilic design elements.
3. An elegant interior with warm lighting, soft textures, and a balanced composition of decor.

To assess the results, the images were qualitatively evaluated by a senior interior architect from Tabanlıoğlu Architects Design Center, Istanbul, with over 10 years of professional experience in interior design and visualization. The expert provided detailed written assessments for each output based on three structured criteria: aesthetic coherence, compositional quality, and fidelity to the textual input. To ensure consistency across models, the same guiding questions were applied: (1) Does the image maintain aesthetic coherence and visual appeal in line with interior design standards? (2) Is the overall composition balanced and logically organized within the space? (3) To what extent does the generated image accurately reflect the details of the textual input? A single expert was intentionally selected to ensure consistency in applying these criteria, although we acknowledge this as a limitation and recommend future studies incorporate multiple evaluators for greater reliability. Rather than assigning numerical scores, the evaluation focused on descriptive analysis to identify each model's strengths and limitations. These expert insights were then thematically categorized and compared across models. The thematic analysis was conducted manually by the researcher without the use of specialized software, since the dataset was limited in scale. However, future studies with larger samples may benefit from software-assisted coding to increase methodological rigor.

The comparative evaluation in this study also reflects patterns reported in earlier research. MidJourney's strength in generating atmospheric and stylistically compelling images is consistent with Paananen et al. (2024) and Tanugraha (2023). Similarly, ChatGPT-DALL·E's role in supporting ideation and stylistic interpretation aligns with Abrusci et al. (2023) and Ayten et al. (2024). Our findings on FLUX.1 Kontext confirm Labs (2025) regarding object identity preservation and fast iterative editing, while further demonstrating its applicability to virtual staging in interior design practice.

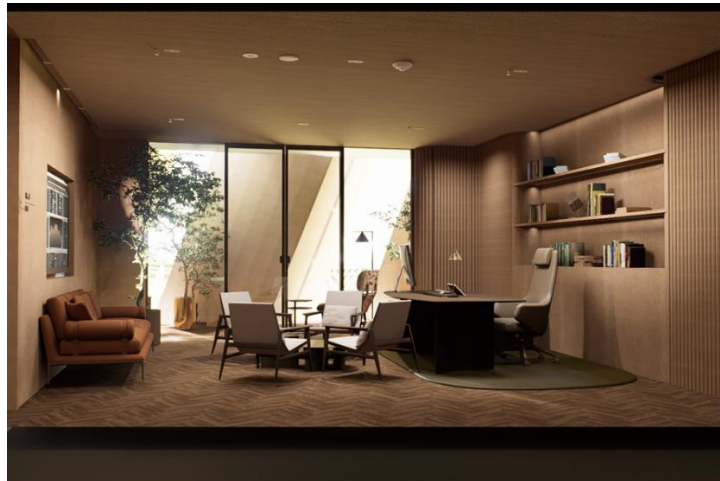
There are many methods and workflows for the traditional rendering process, as numerous competitive software programs have been developed over the last 25 years. In the workflow presented in this study, which is also commonly followed by many architects, a

BIM (Revit) model is used, where different teams from various disciplines collaborate simultaneously on the project according to a defined Level of Development (LOD). The interior designer can then utilize this model and continue the design process, for example by adding furniture modeling. Once the model is completed in modeling programs such as Autodesk 3Ds Max or SketchUp, the rendering phase begins. At this stage, various rendering tools can be employed to achieve photorealism. The tools used in this study are Corona Render and D5 Render, as they are among the most widely preferred rendering engines in architectural visualization. The classic rendering tool delivers high fidelity in terms of architectural accuracy and spatial coherence. It adheres to strict geometric modeling rules, ensuring that lighting, materials, and dimensions are grounded in physical realism. Nevertheless, the rendering process is time-consuming, requires substantial technical expertise, and lacks the flexibility for spontaneous creative exploration offered by AI-based systems. To complement this workflow, Figure 1 presents the AI-assisted image generation process employed in this study. The diagram illustrates how textual prompts are transformed into visual outputs through platforms such as MidJourney, followed by refinement and post-processing stages, ultimately integrating into the broader interior design workflow.



**Figure 1.** AI-assisted image generation workflow (MidJourney-based)

For comparison, the images generated through a traditional rendering tool are shown in Figure 2 and Figure 3.



**Figure 2.** Interior office image generated through a classic rendering tool



**Figure 3.** Exterior office visual produced with a classic rendering tool

Images generated through ChatGPT with DALL·E integration demonstrate a basic but limited spatial understanding, offering value primarily in early ideation and conceptual exploration. These outputs are helpful for translating abstract ideas into quick visual references, yet they often lack spatial logic, structural precision, and prompt-specific stylistic fidelity. In cases involving more complex layouts or nuanced architectural styles, the results tend to shift toward artistic abstraction rather than realistic architectural representation. In our evaluation, ChatGPT-DALL·E achieved only about 30–40% spatial consistency across different perspectives, reflecting its limited reliability for multi-view interior visualization. The images generated through ChatGPT are shown in Figure 4 and Figure 5.



**Figure 4.** Interior office rendering generated through ChatGPT



**Figure 5.** Alternative interior office rendering generated through ChatGPT

FLUX.1 Kontext stands out for its ability to integrate both image and text inputs, offering iterative editing while maintaining visual consistency across design variations. Its rendering is both fast (3–5 seconds) and coherent, with higher spatial stability than other AI models. Unique among current tools, it enables reference-based prompt editing and achieves up to 70–80% accuracy in preserving spatial identity making it particularly valuable for applications requiring design consistency and real-time workflow adaptability. The image generated with FLUX.1 Kontext are shown in Figure 6.



**Figure 6.** Interior office rendering generated through FLUX.1 Kontext

MidJourney provided the strongest overall results among the tested platforms, as highlighted by the expert evaluation. Its leading position stems from its ability to interpret user prompts with high fidelity and translate both descriptive and stylistic nuances into compelling visuals. The outputs not only capture the intended concept but also convey mood, atmosphere, and compositional style with remarkable clarity. This makes MidJourney particularly effective for designers and creatives seeking fast, visually striking outcomes during the early ideation stages. In our evaluation, MidJourney achieved approximately 80 – 90% spatial consistency across perspectives, demonstrating both structural reliability and strong atmospheric performance. The images generated through MidJourney are shown in Figure 7 and Figure 8.





**Figure 7.** Interior office rendering generated through MidJourney



**Figure 8.** Alternative interior office rendering generated through MidJourney

#### **4. Conclusion**

This study explored the transformative potential of AI-powered diffusion models in the field of interior architecture, focusing on image generation and design visualization. Through a comparative analysis between traditional rendering engines and advanced AI platforms including ChatGPT-DALL·E, MidJourney, and FLUX.1 Kontext the research highlighted the distinct advantages AI models offer in terms of speed, aesthetic quality, and creative flexibility. Findings indicate that while traditional render in spatial accuracy and technical realism, they often fall short in visual appeal and efficiency when compared to AI-generated images. Although specialized visualization firms can achieve highly realistic and aesthetically rich outputs using traditional tools, this typically comes at a significantly higher cost and time investment. In contrast, AI-based models enable rapid concept development, stylistic diversity, and enhanced design ideation, making them particularly valuable in early-stage visualization and client presentations. However, a critical limitation of current AI tools remains spatial accuracy and consistency. While model-based renders can produce multiple views of the same space with exact fidelity, AI-generated images even when prompted with detailed references struggle to maintain spatial coherence across different angles. FLUX.1 Kontext has shown notable progress in this area, offering approximately 70–80% consistency across viewpoints, setting it apart from other platforms. Among the evaluated tools, MidJourney demonstrated a leading capacity in interpreting prompts and generating visuals

closely aligned with user intent. In contrast, ChatGPT-DALL·E lags behind in terms of both prompt comprehension particularly for specific architectural styles or firm references and in achieving visual realism without an overly artistic effect. FLUX.1 Kontext appears to strike a promising balance, nearing MidJourney's level of prompt understanding while producing more realistic visuals than DALL·E, though further refinement is still needed. In terms of practical applications, these findings suggest clear integration points into interior design workflows. For example, MidJourney's strength in stylistic interpretation makes it particularly useful for developing mood boards and early client concept presentations. ChatGPT-DALL·E, despite its limitations, can support design education and brainstorming sessions by quickly transforming abstract ideas into visual references. FLUX.1 Kontext, with its capacity for iterative text- and image-based editing, shows strong potential for virtual staging workflows, where designers can progressively adapt a base room image according to client feedback. These applications illustrate that AI tools complement rather than replace traditional rendering, enhancing efficiency and expanding creative exploration in practice. Future research could focus on improving spatial fidelity and multi-angle coherence in AI-generated interiors, particularly for models like FLUX.1 Kontext. Given the rapid development of AI-based rendering platforms that increasingly challenge the dominance of text-to-image systems, future investigations may also consider the capabilities and design implications of these alternative approaches. Incorporating evaluation methods based on designer and client feedback, alongside real-time editing functionality, could enhance the practical integration of such tools into professional contexts. The extension of diffusion models into 3D rendering and virtual reality continues to offer a promising direction for creating immersive and interactive architectural environments.

## References

- Abrusci, L., Dabaghi, K., D'Urso, S., Sciarrone, F., 2023. AI4Architect: An intelligent help system to support students in the design domain. *In International Conference in Methodologies and intelligent Systems for Technology Enhanced Learning*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 65-72.
- Ayten, E., Wang, S., Snoep, H., 2024. Surrealistic-like Image Generation with Vision-Language Models. arXiv preprint arXiv:2412.14366.
- Bao, Z., Laovisutthichai, V., Tan, T., Wang, Q., Lu, W., 2022. Design for manufacture and assembly (DfMA) enablers for offsite interior design and construction. *Building Research & Information*, 50: 325–338.
- Chen, J., Shao, Z., Hu, B., 2023. Generating interior design from text: A new diffusion model-based method for efficient creative design. *Buildings*, 13(7): 1861.
- Cheng, S.I., Chen, Y.J., Chiu, W.C., Tseng, H.Y., Lee, H.Y., 2023. Adaptively-realistic image generation from stroke and sketch with diffusion model. *In IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision*.
- Choi, J., Kim, S., Jeong, Y., Gwon, Y., Yoon, S., 2021. ILVR: Conditioning Method for Denoising Diffusion Probabilistic Models. *In Proceedings of the 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Montreal, BC, Canada, 11–17 October, pp. 14347–14356.
- Croitoru, F.A., Hondru, V., Ionescu, R.T., Shah, M., 2023. Diffusion models in vision: A survey. *IEEE Trans. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1–20.
- Delgado, J.M.D., Oyedele, L., Ajayi, A., Akanbi, L., Akinade, O., Bilal, M., Owolabi, H., 2019. Robotics and automated systems in construction: Understanding industry-specific challenges for adoption. *Journal of Building Engineering*, 26: 100868.

- Dhariwal, P., Nichol, A., 2021. Diffusion models beat gans on image synthesis. In: M. Ranzato, A. Beygelzimer, Y. Dauphin, P. Liang, J.W. Vaughan (Eds), *Advances in Neural Information Processing Systems*, Red Hook, NY, USA, No: 34, pp. 8780–8794.
- Dickstein, J., Weiss, E., Maheswaranathan, N., Ganguli, S., 2015. Deep unsupervised learning using nonequilibrium thermodynamics. *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning*, 6–11 July, Lille, France, pp. 2256–2265.
- Gafni, O., Polyak, A., Ashual, O., Sheynin, S., Parikh, D., Taigman, Y., 2022. Make-a-scene: Scene-based text-to-image generation with human priors. *Proceedings of the Computer Vision–ECCV 2022: 17th European Conference*, 23–27 October, Tel Aviv, Israel, pp. 89–106.
- Gal, R., Alaluf, Y., Atzmon, Y., Patashnik, O., Bermano, A.H., Chechik, G., Cohen-Or, D., An image is worth one word: Personalizing text-to-image generation using textual inversion. arXiv 2022, arXiv:2208.01618.
- Ho, J., Salimans, T., 2021. Classifier-Free Diffusion Guidance. arXiv 2021, arXiv:2207.12598.
- Jahanian, A., Chai, L., Isola, P., 2020. On the “steerability” of generative adversarial networks.
- Labs, B.F., Batifol, S., Blattmann, A., Boesel, F., Consul, S., Diagne, C., Smith, L., 2025. FLUX. 1 Kontext: Flow Matching for In-Context Image Generation and Editing in Latent Space. arXiv preprint arXiv:2506.15742.
- Lesmana, V.A.A., Tina, A., Yanti, S.R., 2024. Optimizing AI's role in advancing interior design industry. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*, 3(2): 61-71.
- Lessig, L., 2002. The architecture of innovation. *Duke Law Journal*, 51(6): 1783.
- Liu, J., Wang, Q., Fan, H., Wang, Y., Tang, Y., Qu, L., 2024. Residual denoising diffusion models. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2773-2783.
- Liu, X., Park, D.H., Azadi, S., Zhang, G., Chopikyan, A., Hu, Y., Shi, H., Rohrbach, A., Darrell, T., 2023. More control for free! Image synthesis with semantic diffusion guidance. In *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 2–7 January, Waikoloa, HI, USA, pp. 289–299.
- Liu, X., Park, D.H., Azadi, S., Zhang, G., Chopikyan, A., Hu, Y., Shi, H., Rohrbach, A., Darrell, T., 2023. More control for free! Image synthesis with semantic diffusion guidance. In *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 2–7 January, Waikoloa, HI, USA, pp. 289–299.
- Lugmayr, A., Danelljan, M., Romero, A., Yu, F., Timofte, R., Gool, L.V., 2022. Repaint: Inpainting using denoising diffusion probabilistic models.
- Meng, C., He, Y., Song, Y., Song, J., Wu, J., Zhu, J.Y., Ermon, S., 2022. Sdedit: Guided image synthesis and editing with stochastic differential equations.
- Nichol, A.Q., Dhariwal, P., 2021. Improved denoising diffusion probabilistic models. In *Proceedings of the International Conference on Machine Learning, Virtual Event*, 18–24 July, New York, NY, USA, pp. 8162–8171
- Paananen, V., Oppenlaender, J., Visuri, A., 2024. Using text-to-image generation for architectural design ideation. *International Journal of Architectural Computing*, 22(3): 458-474.
- Park, B.H., Hyun, K.H., 2022. Analysis of pairings of colors and materials of furnishings in interior design with a data-driven framework. *Journal of Computational Design and Engineering*, 9: 2419–2438.



- Ramesh, A., Dhariwal, P., Nichol, A., Chu, C., Chen, M., 2022. Hierarchical text-conditional image generation with clip latents. arXiv:2204.06125
- Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., Ommer, B., 2021. Highresolution image synthesis with latent diffusion models.
- Sinha, M., Fukey, L.N., 2022. Sustainable Interior Designing in the 21st Century A Review. ECS Trans. 107, 6801
- Song, J., Meng, C., Ermon, S., 2020. Denoising diffusion implicit models. *In Proceedings of the International Conference on Learning Representations*, 26–30 April, Addis Ababa, Ethiopia.
- Song, Y., Ermon, S., 2019. Generative modeling by estimating gradients of the data distribution. In: Wallach, H. Larochelle, H. Beygelzimer, A. d’Alché-Buc, F. Fox, E. Garnett, R. (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems*, Red Hook, NY, USA.
- Tanugraha, S., 2023. A review using artificial intelligence-generating images: Exploring material ideas from MidJourney to improve vernacular designs. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*, 2(2): 48-57.
- Thakkar, K., Vadgama, K., Ranawat, K., Sharma, R., Mangla, M., 2024. Generative AI based Interior Designing. *In 2024 International Conference on Electrical Electronics and Computing Technologies (ICEECT)*, IEEE. pp. 1-7.
- Wang, Y., Liang, C., Huai, N., Chen, J., Zhang, C.A., 2023. Survey of Personalized Interior Design. In *Computer Graphics Forum*; Wiley Online Library: Hoboken, NJ, USA.
- Zhu, J.Y., Krahenbuhl, P., Shechtman, E., Efros, A.A., 2016. Generative visual manipulation on the natural image manifold. In: B. Leibe, J. Matas, Sebe, N. Welling, M. (Eds.), *Computer Vision – ECCV*, Springer International Publishing, pp. 597–613.

## EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi  
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17233984>

## Epidemiological Investigation on Aino Virus and Abortions in Cattle and Small Ruminants in Türkiye

Murat ŞEVİK <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan University, Veterinary Faculty, Department of Virology, Konya, Türkiye  
Corresponding Author Email: dr\_muratank@hotmail.com

### Article Info

Received: 23.07.2025  
Accepted: 31.08.2025

### Keywords

Aino virus,  
Cattle,  
Foetus,  
Real time RT-PCR,  
Small Ruminants,  
Türkiye

**Abstract:** Due to climate change, different arboviral infections have begun to appear in Türkiye as well as all over the world. Aino virus (AINOV) is a vector-borne agent that is known to cause abortion in cattle and small ruminants. But there is no information about the role of the AINOV in abortion cases in farm animals in Türkiye. Therefore, the aim of this study was to investigate the presence of AINOV in bovine, ovine, and caprine fetuses. A total of 277 bovine fetuses, 823 ovine fetuses, and 75 caprine fetuses from different herds and flocks in the Aegean, Mediterranean, and Central Anatolian regions of Türkiye were analysed from 2014 to 2017. Molecular diagnosis was performed using a one-step real-time reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). AINOV was not detected in any of the foetal tissue samples. Despite this study being the first long-term study to examine the role of AINOV in abortions in small ruminants and cattle, the results of the study are restricted to only three regions of Türkiye. The absence of AINOV detection in this study does not mean there is no circulation in Türkiye; it could be because of methodological limitations or the regions being studied. Türkiye has seven different geographical regions, and climate conditions vary in these geographical regions. The distribution area of potential vectors is influenced by climatic conditions. Therefore, conducting studies is crucial to figure out the role of AINOV in abortion cases of small ruminants and cattle in other regions of the country.

## 1. Introduction

Aino virus (AINOV) is a vector-borne agent belonging to the Simbu group of the *Orthobunyavirus* genus within the *Peribunyaviridae* family (ICTV, 2023). The transmission of AINOV occurs through haematophagous arthropod vectors, such as *Culicoides* biting midges and mosquitoes (Yanase et al., 2005), and wild ruminants and livestock, such as goats, sheep, cattle, pigs, and horses, can be infected by AINOV (Cho et al., 2009; Yeh et al., 2021; Hwang et al., 2022).

Adult ruminants are usually asymptomatic or self-limiting to AINOV infection, but it can cause abortion, stillbirth, and congenital malformations. The type of abnormality could be linked to the time of infection. Tsuda et al. (2004) reported that infection during 132 to 156 days of gestation in cattle, frequently a result of the viral infection in the skeletal muscles, axial skeleton, and central nervous system, can cause arthrogryposis-hydranencephaly syndrome. However, Uchinuno et al. (1998) reported that an aborted foetus of gestation day 187 had no congenital malformations. AINOV is considered endemic to Southeast Asia, Australia, Japan, and Korea (Cybinski and George, 1978; Fukuyoshi et al., 1981; Hwang et al., 2022). There is no evidence of AINOV circulation in Türkiye, but there is an absence of studies and diagnostic

techniques to support surveillance for the virus's introduction. Moreover, Schmallenberg virus (SBV) and akabane virus (AKAV), which are members of the Simbu serogroup viruses with teratogenic potential, have been detected in ruminants in Türkiye (Yılmaz et al., 2014; Şevik, 2017). The Simbu serogroup viruses have been reported to have antigenic relationships. It has been reported that the S segment of AKAV has a 73.5% similarity with the AINOV (Akashi et al., 1997), whereas the M segment of SBV has a 71% similarity with the AINOV (Hoffmann et al., 2012). The genetic, epidemiological, and clinical similarities between SBV, AKAV, and AINOV may obscure the consideration of AINOV in Türkiye.

The early detection of emerging vector-borne diseases, including AINOV, is essential for minimizing their impact on animal welfare, and the economic costs of outbreaks. The disease's nonspecific clinical signs make it difficult to differentiate from common enzootic diseases or environmental factors (dos Santos et al., 2005). However, considering the potential circulation of other viruses within the Simbu serogroup is crucial due to the current emergence and reemergence of arboviruses in Türkiye. Therefore, priority should be given to monitoring and reporting specific pathogens (Ergünay et al., 2020). Given climate change around the world, the presence of other simbu viruses (SBV and AKAV) and potential vectors, and a high density of susceptible animals, the probability of different arboviruses being found in Türkiye increases. For example, climate change led to the first appearance of lumpy skin disease, an arboviral disease that had not been seen before, in Türkiye in 2013. Furthermore, presence of *C. imicola*, *C. schultzei complex*, *C. longipennis* and *C. circumscriptus*, which play a role in AKAV transmission, and *C. obsoletus*, *C. scoticus*, *C. pulicaris* and *C. punctatus*, which play a role in SBV transmission, has been reported in Türkiye (Şevik, 2017; Dağalp et al., 2021; Deniz et al., 2023). However, there is no information about the role of AINOV in abortion cases in farm animals in Türkiye. Furthermore, abortions with or without congenital malformations can be caused by AINOV infection (Uchinuno et al., 1998; Tsuda et al., 2004; De Regge, 2017). Abortion cases with congenital malformations were the main focus of most studies examining the relationship between AINOV and abortion (Noda et al., 1998; Fukutomi et al., 2000; Tsuda et al., 2004). However, information about the role of AINOV in abortions without congenital malformations is lacking. Therefore, the aim of this study was to investigate the presence of AINOV in bovine, ovine, and caprine fetuses without congenital malformations in Türkiye.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Study location

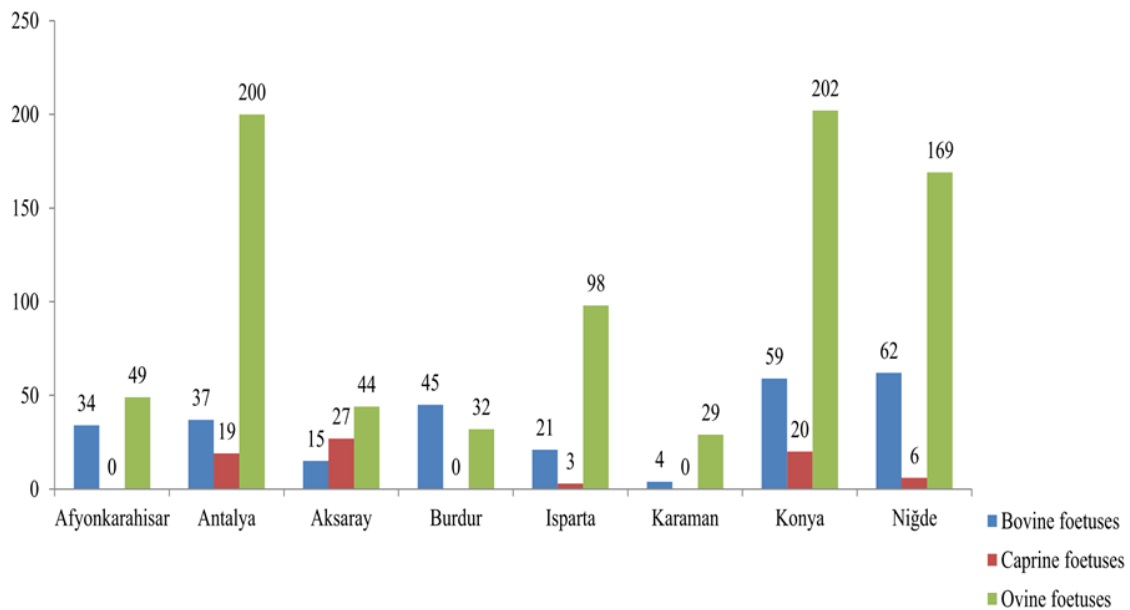
The Veterinary Control Institute (Konya, Türkiye) received aborted fetuses from 277 cattle, 823 sheep, and 75 goats from different flocks and herds in the Aegean (Afyonkarahisar Province), Mediterranean (Burdur, Isparta, and Antalya Provinces), and Central Anatolian (Karaman, Niğde, Konya, and Aksaray Provinces) regions of Türkiye from 2014 to 2017 (Figure 1). The Aegean region has climatic conditions that include cold winters and hot summers, whereas the climatic conditions in the Mediterranean region are characterised by hot and dry summers and rainy and warm winters. The climate of Central Anatolia is characterized by snowy and cold winters and hot summers. The provinces studied have an altitude range of between 20 meters and 1229 meters. The average temperatures in the Aegean, Mediterranean, and Central Anatolian regions are 15°C, 19°C, and 16°C, respectively. The rural economic development of the studied regions is crucially dependent on the breeding of cattle and sheep.



**Figure 1.** The location of the provinces in Türkiye where the current study was done is surrounded by blue

## 2.2. Abortion samples

The General Directorate of Food and Control approved this research on 27.12.2017 with the reference number E.3335546. The distribution of samples by province and animal species is shown in Figure 2. The selection criteria for the samples was that each foetus should come from a different flock/herd in a different province and should not be rotten. The foetal brain stems were not obtained in this study, so foetal tissue samples (such as the spleen, kidney, liver, and lung) were utilised to detect AINOV. During necropsy, tissue samples were collected aseptically with sterile instruments to prevent contamination. Sterile tubes labelled with the animal's ID number were used to store foetal tissue samples from each animal at  $-20^{\circ}\text{C}$  until nucleic acid extraction. The tissue samples from each foetus were examined within 3 days after they arrived at the laboratory.



**Figure 2.** The distribution of bovine, caprine, and ovine foetuses at the provincial level

### 2.3. Viral RNA extraction

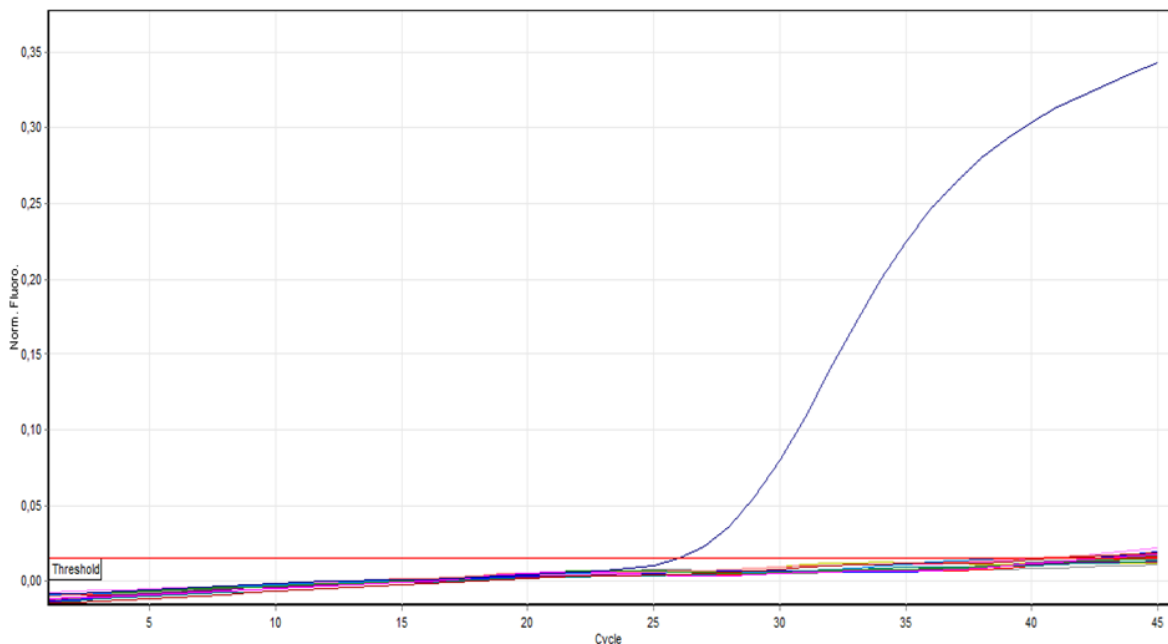
The foetal tissue samples of each foetus were pooled and homogenised with a tissue homogeniser (TissueRuptor, Qiagen, Germany) in 2 mL phosphate-buffered saline. The homogenised samples were centrifuged at 12,000 x g for 10 minutes at 4°C, and viral RNA was extracted from the supernatants by using a commercial kit (QIAamp Cadour Pathogen Mini Kit, Qiagen, Germany). The extraction procedure was carried out according to the manufacturer's instructions, and viral RNA, extracted from foetal tissue samples, was stored at -85°C. Nuclease-free water was used as a control sample during extraction to confirm that cross-contamination was not present.

### 2.4. One-step real-time RT-PCR assay for the detection of AINOV

The partial sequence of the S segment of AINOV was amplified by one-step real-time RT-PCR using the probe (FAM-CGTCTCTCAGGATATCTAGCAA-MGB), primers AINOV-5' (GACACTGCCCTCACTCTCCAT) and AINOV-3' (TTTACATTGGTCTGCAACCCATT) as described by Stram et al. (2004). One-step real-time RT-PCR mix was prepared, which contained 12.5 µl of master mix (QuantiFast Probe RT-PCR Master Mix, Qiagen, Germany), 0.5 µl of RT-PCR Enzyme Mix, 5 µl of extracted RNA, 0.4 µM of each AINOV primer, 0.2 µM of the AINOV probe, and water to a final volume of 25 µl. The reaction was performed in the Rotor-Gene Q Instrument (Qiagen, Germany), and amplification conditions were 50°C for 20 min, 95°C for 5 min, and then 45 cycles of 95°C for 15 s and 60°C for 30 s. Ct value equal or lower than 35 was considered as positive (Stram et al., 2004). The positive control, a set of synthetic oligonucleotides described by Yanase et al. (2010), and the negative control (nuclease-free water) were used to ensure the reliability of the results.

### 3. Results

The ages of the examined bovine, ovine, and caprine foetuses varied between 2 to 8 months, 2 to 5 months, and 2 to 5 months, respectively. Congenital malformations were not observed in the examined foetuses. Furthermore, AINOV-specific RNA was not detected in any of the foetuses by the one-step real-time RT-PCR assay (Figure 3).



**Figure 3.** A one-step real-time RT-PCR assay that uses Segment 1 of AINOV, with blue line indicating positive control and red line indicating negative control

#### 4. Discussion

The incidence of emerging viral diseases globally has increased significantly over the past decade. Of these emerging viral diseases, Simbu serogroup viruses, which are transmitted between vertebrate hosts by insects and other arthropods, have seen the greatest global spread in recent times (Mansfield et al., 2024; Logiudice et al., 2025). Simbu serogroup viruses, especially AKAV, AINOV, and SBV, have significant economic effects on the livestock industry worldwide due to abortions, stillbirths, and congenital abnormalities (Inaba et al., 1975; Tsuda et al., 2004; Wernike et al., 2015). In Türkiye, previous arboviral studies have reported the detection of Simbu serogroup viruses, including AKAV and SBV, in bovine and sheep fetuses and *Culicoides* biting midges (Yilmaz et al., 2014; Şevik, 2017; Dogan et al., 2022). However, there has been no information on the prevalence and reproductive impact of AINOV in the country's ruminant population. Therefore, this study aimed to investigate the presence of AINOV in bovine, ovine, and caprine fetuses. To the best of my knowledge, this is the first long-term study that investigated the role of AINOV in abortions in cattle, sheep, and goats in Türkiye.

Molecular diagnostic methods are reported to be rapid and reliable, and they have high sensitivity and specificity for detecting AINOV (Stram et al., 2004). Additionally, World Organisation for Animal Health (WOAH) recommended the use of molecular diagnostic methods to diagnose AINOV infection (WOAH, 2023). Therefore, in this study, a one-step real-time RT-PCR assay was used to detect AINOV in aborted fetuses.

Infection of AINOV in cattle, sheep, and goats can lead to abortions, stillbirths, and congenital abnormalities characterised by cerebellar hypoplasia, arthrogryposis, and hydranencephaly (Tsuda et al., 2004). Furthermore, AINOV infection can cause abortions without congenital malformations (Uchinuno et al., 1998; De Regge, 2017). Therefore, during this study, all fetuses that did not have congenital malformations were examined for AINOV infection.

In this study, AINOV was not detected in any of the examined fetuses. In accordance with the results of this study, previous studies from Japan (Matsumori et al., 2018; Yoshizawa et al., 2022) and South Korea (Byeon et al., 2021) could not detect AINOV in bovine and caprine fetuses. However, different studies from Japan have detected AINOV-specific RNA in aborted fetuses (Fukutomi et al., 2000; Tsuda et al., 2004). Possible explanations for this discrepancy may be the sample type (aborted fetuses without congenital malformations in this study vs. only fetuses with congenital malformations in Fukutomi et al. (2000) and Tsuda et al. (2004)), the diagnostic technique used (one-step real-time RT-PCR in this study vs. virus isolation and serum neutralization test in Fukutomi et al. (2000) and Tsuda et al. (2004)), and the presence of *Culicoides* species which are capable of transmitting AINOV. *Culicoides* biting midges are believed to be the vectors for AINOV transmission to animals, and it has been reported that *Culicoides brevitarsis* and *Culicoides wadii* are major vectors of AINOV (Weir, 2003). *Culicoides* species that play a major role in the transmission of two other important Simbu serogroup viruses, AKAV and SBV, have been identified in Türkiye (Dağalp et al., 2021; Muz et al., 2023), but the presence of *Culicoides brevitarsis* and *Culicoides wadii* has not yet been reported in Türkiye. This could explain why AINOV was not detected in this study.

It has been reported that the brain stem material is the most suitable tissue for detecting AINOV (WOAH, 2023). Unfortunately, most of the brain stems of fetuses were not obtained in this study, and foetal tissue samples (such as the spleen, kidney, liver, and lung) were used for the detection of AINOV. This may be the explanation for why AINOV was not detected in the aborted fetuses. Additionally, the fetuses in this study had different gestational ages. Most of the bovine tissue samples were obtained from fetuses with a gestational age of 5 to 8 months, whereas ovine and caprine tissue samples were obtained from fetuses with a

gestational age of 3 to 5 months. Immune responses start developing in the bovine foetus between days 125 and 150 of pregnancy (Mee et al., 2023), whereas in the ovine and caprine foetuses, it develops after day 70 of pregnancy (Lopez et al., 2012). Therefore, could not detection of AINOV in aborted foetuses in this study may be due to virus clearance by the foetal immune response (WOAH, 2023).

This study has some limitations. First, this study did not use brainstem materials to detect AINOV, which could have caused the virus to not be detected in the samples. Second, concerns regarding the geographical variation and the representativeness of the obtained data for all regions are being expressed as a result of the study conducted in three different geographical regions of Türkiye. Türkiye has seven different geographical regions, and climate conditions vary in these geographical regions. The distribution area of potential vectors is influenced by climatic conditions. Türkiye's Aegean and Mediterranean coastal regions and the Southeastern Anatolia region have suitable conditions for the spread of vectors due to their climatic conditions (Şevik, 2017; Dağalp et al., 2021). The spread of new arboviral infections to Türkiye is at risk due to climate change, particularly through the Eastern Mediterranean and Middle Eastern countries.

## **5. Conclusion**

In conclusion, this study found no evidence of AINOV in the aborted foetuses, suggesting that there was no AINOV circulation in the study area. Nonetheless, the findings of this study are confined to the specific regions examined and do not reflect the entire country, and brainstem materials were not used in this study. The study results could have been impacted by these factors. A variety of factors can drive the emergence of new diseases in areas where they were previously absent, including the effects of climate change, the disruptions to ecosystems, and international trade (Church, 2004). Given the disease is vector-borne, potential vectors are abundant in the country, which could allow the establishment of Simbu serogroup viruses, and abortions with or without congenital malformations have been observed; further epidemiological studies are needed.

## **Declaration of Author Contributions**

M.Ş. was responsible for designing the study, performing analyses, evaluating results, writing the original draft, and editing the final draft of the manuscript.

## **Declaration of Conflicts of Interest**

The author does not have any conflicts of interest and the study does not receive financial support from anyone or organization.

## **Ethical approval**

HADYEK approval is not necessary for this study as it falls within the category of “clinical applications for diagnosis and treatment” according to the Regulation on the Principles and Procedures of Animal Experiments (Article 8, Clause 1). The General Directorate of Food and Control approved this research on 27.12.2017 with the reference number E.3335546, and foetal samples were collected during the necropsy.

## **Acknowledgements**

The staff of the Molecular Microbiology Laboratory (Veterinary Control Institute, Konya, Türkiye) is being thanked by the author for their assistance.

## **References**

Akashi, H., Kaku, Y., Kong, X.G., Pang, H., 1997. Sequence determination and phylogenetic analysis of the akabane bunyavirus S RNA genome segment. *The Journal of General Virology*, 78(11): 2847-2851.



- Byeon, H.S., Han, M.N., Han, S.T., Kang, S.S., Jang, R.H., Kim, C.S., Bae, Y.C., Jeon, B.Y., Ahn, B., 2021. The diagnostic analysis of the presumptive cases of foot and mouth disease (FMD) vaccine-associated adverse reaction in Korea. *Journal of Biomedical and Translational Research*, 22(4): 179-188.
- Cho, J.J., Shin, Y.K., Yoon, S., Yoon, S.S., Lee, O.S., Song, J.Y., Han, H.R., 2009. Seroepidemiological studies of aino virus infection in Korean cattle. *Journal of Bacteriology and Virology*, 39(4): 345-351.
- Church, D.L., 2004. Major factors affecting the emergence and re-emergence of infectious diseases. *Clinics in Laboratory Medicine*, 24(3): 559-586.
- Cybinski, D.H., St George, T.D., 1978. A survey of antibody to aino virus in cattle and other species in Australia. *Australian Veterinary Journal*, 54(8): 371-373.
- Dağalp, S.B., Dik, B., Doğan, F., Farzani, T.A., Ataseven, V.S., Acar, G., Şahinkesen, İ., Özkul, A., 2021. Akabane virus infection in Eastern Mediterranean Region in Turkey: culicoides (diptera: ceratopogonidae) as a possible vector. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2): 231.
- Deniz, A., Korkmaz, C., Bedir, H., Vatanserver, Z., Ekinci, A.İ., Sezer, O., Erol, U., Tuncer, S., 2023. Host preferences of vector Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae, Culicoides latreille) species in Türkiye. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(1): 63-69.
- De Regge, N., 2017. Akabane, aino and schmallerberg virus-where do we stand and what do we know about the role of domestic ruminant hosts and culicoides vectors in virus transmission and overwintering? *Current Opinion in Virology*, 27: 15-30.
- Dogan, F., Dik, B., Bilge-Dagalp, S., Farzani, T.A., Ataseven, V.S., Acar, G., Şahinkesen, İ., Özkul, A., 2022. Prevalance of schmallerberg orthobunyavirus (SBV) infection in sampled ruminants in Turkey's Eastern Mediterranean region between 2015 and 2017. *Research in Veterinary Science*, 145: 63-70.
- dos Santos, J.K., do Nascimento, S.A., Silva, K.P.C., Medeiros, E.S., de Carvalho Maia, R.C., Junior, J.W.P., 2005. Surveillance of schmallerberg virus in cattle populations in Northeastern Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, 57(1): 2.
- Ergünay, K., Polat, C., Özkul, A., 2020. Vector-borne viruses in Turkey: a systematic review and bibliography. *Antiviral Research*, 183: 104934.
- Fukutomi, T., Okuda, K., Akashi, H., Ozawa, S., Tada, K., Kayahara, Y., 2000. An epidemic of akabane and aino viruses and congenital abnormalities in cattle in Okayama Prefecture. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association*, 53(6): 377-382.
- Fukuyoshi, S., Takehara, Y., Takahashi, K., Mori, R., 1981. The incidence of antibody to aino virus in animals and humans in Fukuoka. *Japanese Journal of Medical Science and Biology*, 34(1): 41-43.
- Hoffmann, B., Scheuch, M., Höper, D., Jungblut, R., Holsteg, M., Schirrmeier, H., Eschbaumer, M., Goller, K.V., Wernike, K., Fischer, M., Breithaupt, A., Mettenleiter, T.C., Beer, M., 2012. Novel orthobunyavirus in cattle, Europe, 2011. *Emerging Infectious Diseases*, 18(3): 469-472.
- Hwang, J.M., Ga, Y.J., Yeh, J.Y., 2022. Factors associated with seropositivity to aino virus among sheep and goats in South Korea. *Acta Veterinaria Hungarica*, 70: 162-168.

- ICTV, 2023. Family: Peribunyaviridae. ([https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode\\_id=202306382&taxon\\_name=Orthobunyavirus%20ainoense](https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode_id=202306382&taxon_name=Orthobunyavirus%20ainoense)), (Access Date: 21.02.2025).
- Inaba, Y., Kurogi, H., Omori, T., 1975. Letter: akabane disease: epizootic abortion, premature birth, stillbirth and congenital arthrogryposis-hydranencephaly in cattle, sheep and goats caused by akabane virus. *Australian Veterinary Journal*, 51(12): 584-585.
- Logiudice, J., Alberti, M., Ciccarone, A., Rossi, B., Tiecco, G., De Francesco, M.A., Quiros-Roldan, E., 2025. Introduction of vector-borne infections in Europe: emerging and re-emerging viral pathogens with potential impact on one health. *Pathogens*, 14(1): 63.
- Lopez, G.A., Rodríguez, H.A.M., Pérez, J.T., 2012. Detection of antibodies against small ruminant lentiviruses in ovine and caprine fetuses. *Veterinaria México*, 43(1): 9-15.
- Mansfield, K.L., Schilling, M., Sanders, C., Holding, M., Johnson, N., 2024. Arthropod-borne viruses of human and animal importance: overwintering in temperate regions of Europe during an era of climate change. *Microorganisms*, 12(7): 1307.
- Matsumori, Y., Aizawa, M., Sakai, Y., Inoue, D., Kodani, M., Tsuha, O., Beppu, A., Hirashima, Y., Kono, R., Ohtani, A., Yanase, T., Shirafuji, H., Kato, T., Tanaka, S., Yamakawa, M., 2018. Congenital abnormalities in calves associated with peaton virus infection in Japan. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 30(6): 855-861.
- Mee, J.F., Hayes, C., Stefaniak, T., Jawor, P., 2023. Review: bovine foetal mortality - risk factors, causes, immune responses and immuno-prophylaxis. *Animal*, 17(Suppl 1): 100774.
- Muz, D., Dik, B., Muz, M.N., 2023. The investigation of culicoides (diptera: ceratopogonidae) species and bluetongue virus and schmallenberg virus in Northwest Türkiye. *Tropical Animal Health and Production*, 55(1): 39.
- Noda, Y., Uchinuno, Y., Shirakawa, H., Nagasue, S., Nagano, N., Ohe, R., Narita, M., 1998. Aino virus antigen in brain lesions of a naturally aborted bovine fetus. *Veterinary Pathology*, 35(5): 409-411.
- Stram, Y., Kuznetzova, L., Guini, M., Rogel, A., Meirom, R., Chai, D., Yadin, H., Brenner, J., 2004. Detection and quantitation of akabane and aino viruses by multiplex real-time reverse-transcriptase PCR. *Journal of Virological Methods*, 116(2): 147-154.
- Şevik, M., 2017. Molecular and serological survey of akabane virus infection in sheep in the Mediterranean Region of Turkey. *Small Ruminant Research*, 156: 1-6.
- Tsuda, T., Yoshida, K., Ohashi, S., Yanase, T., Sueyoshi, M., Kamimura, S., Misumi, K., Hamana, K., Sakamoto, H., Yamakawa, M., 2004. Arthrogryposis, hydranencephaly and cerebellar hypoplasia syndrome in neonatal calves resulting from intrauterine infection with aino virus. *Veterinary Research*, 35(5): 531-538.
- Uchinuno, Y., Noda, Y., Ishibashi, K., Nagasue, S., Shirakawa, H., Nagano, M., Ohe, R., 1998. Isolation of aino virus from an aborted bovine fetus. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 60(10): 1139-1140.
- Weir, R.P., 2003. Aino virus. *Australia and New Zealand Standard Diagnostic Procedures*. 1-12.
- Wernike, K., Elbers, A., Beer, M., 2015. Schmallenberg virus infection. *Revue Scientifique et Technique*, 34(2): 363-373.

- WOAH, 2023. Bunyaviral diseases of animals (excluding rift valley fever and crimean–congo haemorrhagic fever). ([https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health\\_standards/tahm/3.10.01\\_BUNYAVIRAL\\_DISEASES.pdf](https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.10.01_BUNYAVIRAL_DISEASES.pdf)), (Access Date: 21.02.2025).
- Yanase, T., Kato, T., Kubo, T., Yoshida, K., Ohashi, S., Yamakawa, M., Miura, Y., Tsuda, T., 2005. Isolation of bovine arboviruses from culicoides biting midges (diptera: ceratopogonidae) in Southern Japan: 1985-2002. *Journal of Medical Entomology*, 42(1): 63-67.
- Yanase, T., Aizawa, M., Kato, T., Yamakawa, M., Shirafuji, H., Tsuda, T., 2010. Genetic characterization of aino and peaton virus field isolates reveals a genetic reassortment between these viruses in nature. *Virus Research*, 153(1): 1-7.
- Yeh, J.Y., Ga, Y.J., 2021. Seroepidemiology of aino virus in farmed and free-ranging cervids in the Republic of Korea. *Frontiers in Veterinary Science*, 8: 702978.
- Yilmaz, H., Hoffmann, B., Turan, N., Cizmecigil, U.Y., Richt, J.A., Van der Poel, W.H., 2014. Detection and partial sequencing of schmallerberg virus in cattle and sheep in Turkey. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 14(3): 223-225.
- Yoshizawa, N., Shinoto, M., Katayama, A., Bekku, R., Inatani, K., 2022. An abnormal birth in bovine suspected of being caused by peaton virus first occurred in Shikoku region, Japan. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 84(2): 223-227.